

Royaume du Maroc

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II
Complexe Horticole d'Agadir

Centre National de Lutte Anti Acridienne
Ait Melloul



MÉMOIRE DE TROISIÈME CYCLE

Option : Acridologie
Deuxième promotion

THÈME

Contribution à l'amélioration de la lutte préventive par l'étude de la biogéographie le Criquet pèlerin au Mali

Présenté par :
Mahamadou Namori Keita

Encadrement :

Saïd Ghaout / CNLA Maroc
Jean François Duranton/ CIRAD
Alex Franc / CIRAD

Jury :

Dr. Ahmed Mazih
Dr. Mohamed Sarehane
Dr. Saïd Ghaout
Dr. Bouaichi Abdelghani

Soutenu le 14 juillet 2009 à 10h00.

Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement



REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier le CNLCP, son Directeur Monsieur Fakaba DIAKITE et la Banque Mondiale, à travers son projet AELP (PALUCP), pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser cette formation.

Mes remerciements vont également à l'ensemble de l'équipe de CNLCP de Bamako et de Gao, pour leur appui technique.

J'exprime ma reconnaissance à toute l'équipe du CIRAD, département BIOS, Unité Acridologie, pour l'accueil chaleureux et la généreuse hospitalité dont elle a fait montre :

- M. Alex FRANC pour son encadrement, sa disponibilité et sa volonté de mener à bien ces travaux. Qu'il en soit sincèrement remercié.
- M. Jean-François DURANTON, pour son appui et ces critiques très positives qui ont contribué beaucoup à l'avancement de ces travaux ;
- M. Michel LECOQ, pour sa contribution, ses conseils et ses encouragements ;
- M. Jean-Michel VASSAL, pour sa contribution sa disponibilité et ses encouragements ;
- M. Pierre-Emmanuel GAY, pour son appui technique et sa très grande disponibilité ;
- M. Antoine FOUCART, pour son hospitalité, sa disponibilité et ses encouragements ;
- M. Tahar RACHADI, pour son hospitalité ;
- Melle Aurélia DECHERF, pour son appui et ses encouragements ;
- Melle Elodie BLANCHET, pour son soutien et ses conseils ;
- Mme Christine PAGES, pour son amitié son soutien et ses encouragements ;
- Mme Laurence SCHMITT, pour tous les appuis logistiques et administratifs.

Je ne saurais terminer cette partie sans adresser mes remerciements au Pr. Ahmed MAZIH, Chef de département d'Acridologie et à l'ensemble du corps professoral de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Complexe Horticole d'Agadir.

- Au Dr. Saïd GHAOUT, Directeur du Centre de lutte antiacridienne du Maroc, pour avoir accepté de diriger ces travaux et à l'ensemble de son personnel ;
- Au Dr. Abdelghani BOUAICHI, pour sa contribution, sa disponibilité et son engagement auprès de ma personne tout au long de cette formation.

C'est le lieu également de remercier tous les membres du jury, qui ont accepté de porter leur jugement sur le bien-fondé de ce travail. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude et de mes sincères considérations.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	II
LISTE DES FIGURES.....	VI
LISTE DES TABLEAUX.....	VII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	VIII
RÉSUMÉ.....	IX
INTRODUCTION.....	1
1. LA BIO-ÉCOLOGIE ET L'ENVIRONNEMENT DU CRIQUET PÈLERIN.....	3
1.1. La bio-écologie du Criquet pèlerin.....	3
1.1.1. Le polymorphisme phasaire du Criquet pèlerin.....	3
1.1.2. Les invasions généralisées.....	3
1.1.3. La biologie du Criquet pèlerin.....	4
1.1.4. L'écologie.....	4
1.2. L'environnement du Criquet pèlerin.....	5
1.2.1. Les aires grégarigènes.....	6
1.2.2. Complémentarité écologique saisonnière des aires grégarigènes.....	7
1.3. Le Criquet pèlerin au Mali.....	8
1.3.1. Le Mali et la lutte antiacridienne.....	8
1.3.2. L'environnement du Criquet pèlerin au Mali.....	8
2. PRINCIPES ET MÉTHODES.....	11
2.1. Bibliographie et études disponibles sur le Criquet pèlerin au Mali.....	13
2.2. Les données météorologiques.....	13
2.2.1 Choix des données.....	14
2.2.2 Données disponibles.....	15
2.2.3 Fréquences mensuelles des précipitations.....	15
2.3. Données acridiennes.....	15
2.3.1 Origine des données acridiennes.....	15
2.3.2. Caractéristiques des données acridiennes.....	17
2.3.3. Diagnostic et conditionnement des données.....	17
2.3.4. Structure des données.....	18
2.4. Analyse fréquentielle géo-référencée.....	18
2.4.1. Analyse spatiale des données.....	19
2.4.2. Analyse temporelle des données.....	19
2.4.3. Analyse en fonction des phases et de la phénologie.....	20
2.5. Le SIG utile à la caractérisation écologique des acrido-régions.....	20
3. RÉSULTATS.....	21
3.1. Données de la météorologie au Mali.....	21
3.2. Les régions naturelles.....	25
3.2.1. Adrar des Iforas.....	25

3.2.2. Le Timétrine.....	26
3.2.3. Tilemsi (centre, haut et bas)	26
3.2.4. Tin-Missao	26
3.2.5. Tamesna.....	27
3.2.6. Agala Nord.....	27
3.2.7. Azaouad	27
3.2.8. Gourma de Gao.....	28
3.3. Données acridiennes.....	29
3.3.1. Description des données	29
3.3.2. Analyse fréquentielle géo-référencée.....	31
3.3.3. Analyse cartographique en fonction des phases et de la phénologie	33
3.3.4. Analyse factorielle des correspondances : identification des acrido-régions	33
3.3.5. Occurrence des états phasaires et phénologiques	33
3.3.6. Occurrence des solitaires.....	33
3.3.7. Occurrence des larves solitaires	33
3.3.8. Occurrence des <i>transiens</i>	35
3.3.9. Occurrence des larves <i>transiens</i>	35
3.3.10. Occurrence des grégaires	35
3.3.11. Occurrence des larves grégaires.....	36
3.4. Cartes d'occurrence mensuelle.....	36
3.4.1. Occurrence mensuelle des solitaires.....	39
3.4.2. Occurrence mensuelle des larves solitaires	43
3.4.3. Occurrence mensuelle des <i>transiens</i>	44
3.4.3. Occurrence mensuelle des <i>transiens</i>	46
3.4.4 Occurrence mensuelle des larves <i>transiens</i>	49
3.4.5. Occurrence mensuelle des grégaires.....	52
3.4.6. Occurrence mensuelle des larves grégaires	55
3.5. Occurrence géographique du Criquet pèlerin par région naturelle.....	58
3.5.1. Présence du Criquet pèlerin	58
3.5.2. Présence de larves.....	58
3.5.3. Présence de solitaires	59
3.5.4. Présence de larves solitaires.....	59
3.5.5. Présence de <i>transiens</i>	60
3.5.6. Présence de larves <i>transiens</i>	60
3.5.7. Présence de grégaires	61
3.5.8. Présence de larves grégaires.....	61
3.5.9. Présence de larves solitario- <i>transiens</i>	62
3.6. Occurrence géographique en fonction des situations acridiennes	62
3.6.1. Occurrence des larves solitaires en période de rémission	62
3.6.2. Occurrence des solitario- <i>transiens</i> en période de rémission.....	63
3.6.3. Occurrence des solitaires en période de rémission et de résurgence.....	64
3.6.4. Occurrence de grégaires en période d'invasion	64
3.7. Caractérisation de zone de haute fréquence acridienne.....	65
3.7.1. La zone du Timétrine.....	65
3.7.2. La zone de l'Adrar des Iforas.....	66

3.7.3. La zone du Tilemsi	67
3.7.4. La zone du Tamesna.....	67
3.7.5. La zone du Gourma de Gao.....	68
3.7.6. Conclusion.....	68
3.8 Le cycle biologique du Criquet pelerin solitaire au Mali	68
4. DISCUSSION	71
4.1. Limites de l'étude	71
4.2. Implications opérationnelles	71
4.2.1. Au niveau du Mali.....	71
4.2.2. Au niveau régional.....	72
4.3. Travaux futurs à envisager.....	73
4.3.1. Une délimitation actualisé et précise des régions naturelles.....	73
4.3.2 Télédétection et lutte antiacridienne.....	73
4.3. Contraintes et difficultés	74
CONCLUSION	76
ANNEXES	77
ANNEXE I : Les stations météorologiques du Mali : Normale pluviométrique décadaire.....	78
ANNEXE II : Fiches de prospection et de traitement de l'OCLALAV.	80
ANNEXE III : Cartes des zones de traitement par l'OCLALAV	84
ANNEXE IV : occurrence trimestrielle des solitaires	87
ANNEXE V : occurrence trimestrielle des larves solitaires.....	88
ANNEXE VI : occurrence trimestrielle des <i>transiens</i>	89
ANNEXE VII : occurrence trimestrielle des larves <i>transiens</i>	90
ANNEXE VIII : occurrence trimestrielle des grégaires	91
ANNEXE IX : occurrence trimestrielle des larves grégaires.....	92
ANNEXE X : Situation acridienne trimestrielle au mali de 1965 à 2008.....	93
BIBLIOGRAPHIE.....	94

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : <i>Fréquence et durée des invasions du Criquet pèlerin (Lecoq 2001).</i>	4
Figure 2 : <i>Cycle biologique du Criquet pèlerin</i>	5
Figure 3 : <i>Les aires complémentaires du Criquet pèlerin</i>	6
FFigure 4 : <i>Aires grégariques du Criquet pèlerin entre 1926 et 1976 (Waloff, 1976 ; Anonyme-COPR, 1982).</i>	7
Figure 5 : <i>Aires de reproduction et mouvements saisonnier du Criquet pèlerin.</i>	8
Figure 6 : <i>Pluviométrie moyenne annuelle au Mali (1971-2000)</i>	10
Figure 7 : <i>Méthodologie de l'étude de la biogéographie du Criquet pèlerin jusqu'à la mise en place d'un outil de surveillance et de lutte préventive.</i>	12
Figure 8 : <i>Les stations météorologiques du Mali</i>	14
Figure 9 : <i>Normale pluviométrique au Mali de 1941 à 1970 et de 1971 à 2000.</i>	25
Figure 10 : <i>Carte des régions naturelles du Mali</i>	28
Figure 11 : <i>Occurrence des relevés acridiens de 1966 à 2008</i>	29
Figure 12 : <i>Évolution du nombre de signalisations et des états phasaires en fonction des situations acridiennes.</i>	30
Figure 13 : <i>Occurrence mensuelle des relevés et fréquence des signalisations des états phasaires</i>	30
Figure 14 : <i>Répartition des 5 909 prospections, de 1966 à 2008.</i>	31
Figure 15 : <i>Carte de distribution des relevés</i>	32
Figure 16 : <i>Carte de distribution géographique de Criquet pèlerin.</i>	32
Figure 17 : <i>Carte de distribution du Criquet pèlerin solitaire.</i>	34
Figure 18 : <i>Carte de distribution des larves de Criquet pèlerin solitaire.</i>	35
Figure 19 : <i>Carte de distribution du Criquet pèlerin transiens.</i>	37
Figure 20 : <i>Carte de distribution des larves de Criquet pèlerin transiens.</i>	37
Figure 21 : <i>Carte de distribution du Criquet pèlerin grégaire.</i>	38
Figure 22 : <i>Carte de distribution des larves du Criquet pèlerin grégaire</i>	38
Figure 23a : <i>Cartes de distribution mensuelle du Criquet pèlerin solitaire</i>	39
Figure 23b : <i>Cartes de distribution mensuelle du Criquet pèlerin solitaire</i>	40
Figure 24b : <i>Cartes de distribution mensuelle des larves de Criquet pèlerin solitaire.</i>	44
Figure 25a : <i>Cartes de distribution mensuelle du Criquet pèlerin transiens.</i>	46
Figure 25b : <i>Cartes de distribution mensuelle du Criquet pèlerin transiens</i>	47
Figure 26b : <i>Cartes de distribution mensuelle des larves du Criquet pèlerin transiens.</i>	50
Figure 27a : <i>Cartes de distribution mensuelle du Criquet pèlerin</i>	53
Figure 29 : <i>Carte d'occurrence du Criquet pèlerin, par région naturelle.</i>	58
Figure 30 : <i>Carte d'occurrence des larves de Criquet pèlerin, par région naturelle</i>	58
Figure 31 : <i>Carte d'occurrence du Criquet pèlerin solitaire, par région naturelle</i>	59
Figure 32 : <i>Carte d'occurrence des larves de Criquet pèlerin solitaire, par région naturelle.</i>	59
Figure 33 : <i>Carte d'occurrence du Criquet pèlerin transiens, par région naturelle.</i>	60
Figure 34 : <i>Carte d'occurrence des larves de Criquet pèlerin transiens, par région naturelle.</i>	60
Figure 35 : <i>Carte d'occurrence du Criquet pèlerin grégaire, par région naturelle</i>	61
Figure 36 : <i>Carte d'occurrence des larves de Criquet pèlerin grégaire, par région naturelle.</i>	61
Figure 37 : <i>Carte d'occurrence des larves de Criquet pèlerin solitario-transiens, par région naturelle.</i>	62
Figure 38 : <i>Carte d'occurrence des larves de Criquet pèlerin solitaire, en période de rémission</i>	62
Figure 39 : <i>Cartes d'occurrence du Criquet pèlerin solitario-transiens, en période de rémission.</i>	63
Figure 40 : <i>Carte de distribution du Criquet pèlerin solitaire, en période de rémission et de résurgence.</i>	64
Figure 41 : <i>Carte de distribution du Criquet pèlerin grégaire en période d'invasion.</i>	65
Figure 42 : <i>Aire de distribution du Criquet pèlerin au Mali.</i>	70
Figure 43 : <i>Foyers de grégariation du Criquet pèlerin au Mali.</i>	70

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les classes de pluviométrie.	15
Tableau 2 : Ansongo, fréquence mensuelle des précipitations.....	21
Tableau 3 : Bourem, fréquence mensuelle des précipitations.	22
Tableau 4 : Diré, fréquence mensuelle des précipitations.	22
Tableau 5 : Gao, fréquence mensuelle des précipitations.	22
Tableau 6 : Goundam, fréquence mensuelle des précipitations.	23
Tableau 7 : Gourma Rharous, fréquence mensuelle des précipitations.	23
Tableau 8 : Kidal, fréquence mensuelle des précipitations.	23
Tableau 9 : Ménaka, fréquence mensuelle des précipitations.	24
Tableau 10 : Tessalit, fréquence mensuelle des précipitations.	24
Tableau 11 : Tombouctou, fréquence moyenne des précipitations.	24
Tableau 12 : Fréquence des signalisations et des stades phénologiques.....	29

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AG : Ailé grégaire
AELP : Africa Emergency Locust Project
AOF : Afrique Occidentale Française
AS : Ailé solitaire
AT : Ailé *transiens*
BM : Banque Mondiale
CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CLCPRO : Commission de Lutte Contre le Criquet pèlerin dans la région Occidentale
CNLAA : Centre National de Lutte Antiacridienne
CNLCP : Centre National de Lutte contre le Criquet pèlerin
CSLP : Cadre Stratégique de lutte contre la pauvreté
DNA : Direction Nationale de l'Agriculture
DNAMR : Direction Nationale de l'appui au Monde Rural
DNSI : Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique
EMPRES : Système de prévention et de réponse rapide contre les ravageurs et maladies transfrontières des animaux et des plantes
ETP : Évapotranspiration
FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
GTZ : *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit*. Organisme allemand de coopération technique.
IRI : International Research Institute
LG : Larve grégaire
LS : Larve solitaire
LT : Larve *transiens*
MODIS : *Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer*
NDVI : *Normalized Difference Vegetation Index*
OCLA : Organisation Commune de la Lutte Antiacridienne (Dakar)
OCLALAV : Organisation Commune de Lutte Antiacridienne et de Lutte Anti-aviaire
OPV : Office de Protection des Végétaux
PALUCP : Projet africain de lutte d'urgence contre le Criquet pèlerin
PC : *Personel computer*
PIB : Produit intérieur brut
RAMSES : *Reconnaissance and management system of the environnement of Schistocerca*
S : Solitaire
SGR : *Schistocerca gregaria*
SIG : Système d'Information Géographique
SIPSA : Système d'Information sur le Pastoralisme au Sahel
SNPV : Service National de Protection des Végétaux
ST : Solitario-*transiens*
S&E : Suivi et évaluation
UNLCP : Unité Nationale de Lutte Contre le Criquet pèlerin
US : *United States*
USAID : Agence Américaine pour le Développement
UTEH : Unité territoriale écologiquement homogène

RÉSUMÉ

La première phase de l'étude a permis de répertorier environ 400 références bibliographiques conditionnées sous le logiciel bibliographique Référence Manager.

Dans un deuxième temps, les données d'archives acridiennes ont été collectées à Gao, ancienne base de l'OCLALAV (Organisation Commune de Lutte Antiacridienne et de Lutte Anti-aviaire) et saisies dans une base relationnelle Access. Environ 6 000 enregistrements, datant de 1966 à 2008 et issus des cahiers des prospecteurs et des fiches de suivi de la FAO ont été enregistrés.

Enfin, une analyse cartographique de ses données chrono et géo-référencées a été effectuée pour chaque stade (imago et larve) et pour les 3 phases (solitaire, transiens, grégaire). Les résultats permettent d'avoir une situation globale de la dynamique des populations au Mali. L'insecte peut se reproduire deux fois au cours de l'année : en début de saison des pluies de juillet à août sur les zones de réception de pluies (massif de l'Adrar des Iforas), puis en fin de saison des pluies d'octobre à décembre grâce à la redistribution des pluies sur les zones d'écoulement et d'épandage (Tilemsi et Tamesna essentiellement). Huit régions naturelles, (Timétrine, Haut Tilemsi, Bas Tilemsi, centre Tilemsi, l'Adrar des Iforas, Tamesna, Agala, Gourma de Gao) majeures constituant l'aire grégarigène malienne ont été délimitées et décrites comme des zones à hautes fréquences du Criquet pèlerin solitaire.

Une synthèse de ces données est représentée par la délimitation des acrido-régions, ou aires complémentaires pour le locuste. Ce découpage donne une lisibilité aux actions du CNLCP en améliorant le choix des itinéraires et des périodes de prospections.

Ces premiers travaux permettent d'envisager de nouvelles pistes comme l'utilisation de la télédétection pour la détection des biotopes acridiens au sein des régions naturelles déjà identifiées.

Mots clés : Mali, Archives acridiennes, Criquet pèlerin, Lutte préventive, biogéographie, Aire grégarigène.

ABSTRACT

The first step of this study consisted in gathered bibliographical references within a database developed on Reference Manager Software. About 400 references were found on the topics of Desert locust in Mali.

Secondly, archives data were collected in Gao, the former field base of OCLALAV (Organisation Commune de Lutte Antiacridienne et de Lutte Anti-aviaire) and were entered in a relational database on Access. About 6 000 field records or FAO reports dated from 1966 to 2008 were used and entered.

Finally, a mapped analysis of these chrono and georeferenced data were done for each stage (imago or larva) and each phase (solitarious, *transiens*, gregarious). The results show a global vision of the population's dynamics in Mali. The locust can breed twice a year: at the beginning of the rainy season (June to august) in the collected rain areas (Adrar des Iforas mainly), at the end of the rainy season (October to December) in rainy water redistribution areas (Tamesna and Tilemsi). Eight main ecoregions, (Timétrine, Haut Tilemsi, Bas Tilemsi, centre Tilemsi, l'Adrar des Iforas, Tamesna, Agala, Gourma de Gao) constituting the outbreak area of Mali were mapped and described as high frequency areas for the Desert locust.

The spatial analysis of locust occurrences in relation with phase, phenological stage, season and global locust situation (recession, outbreak, upsurge and plague) resulted in the definition of consistent locust areas for the annual achievement of the locust biological cycle: they are called "Locust eco-regions". These spatial results can now direct field surveys operations of the CNLCP, improve their performance and reduce their cost.

After this study, we can imagine new ways for operational research operations as the delimitation of the locust habitats using remote sensing data within locust ecoregions already identified.

Keyword: Mali, Archive desert, Desert locust, preventive control, Biogeography, Gregarious area.

INTRODUCTION

Le Criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775), est un insecte de la famille des Acrididae ou acridiens et de la sous-famille des Cyrtacanthacridinae. Il fait partie des locustes, acridiens capables, sous l'influence d'un accroissement de densité, de passer d'une forme solitaire, inoffensive pour les pâturages et les cultures, à une forme grégaire. Il constitue alors en Afrique une menace extrêmement grave pour l'agriculture. Son aire d'invasion couvre l'Afrique, au nord de l'Équateur, le Moyen-Orient, les péninsules Arabique et Indo-pakistanaise et, parfois, l'Europe méditerranéenne. Cela représente au total 57 pays et plus de 20 % des terres émergées (Lecoq *et al.*, 1991). En dehors des périodes d'invasion, le Criquet pèlerin se replie en période de rémission dans les zones les plus arides de son aire de dispersion où il passe le plus souvent inaperçu.

La transformation phasaire a lieu dans des zones particulières, appelées aires grégarigènes, qui offrent au locuste en phase solitaire des complémentarités écologiques saisonnières et permettent certaines années exceptionnelles une multiplication et un regroupement des effectifs aboutissant à l'apparition des premiers individus *transiens* (Lecoq, 1991).

Les pays du Sahel et singulièrement le Mali, font partie de l'aire d'habitat permanent du Criquet pèlerin. D'une part, ils peuvent être envahis par des essaims et des bandes larvaires en période d'invasion et d'autre part, ils renferment certaines aires grégarigènes du Criquet pèlerin. Le Mali fait partie des pays dit de « la ligne de front » pour l'Afrique nord-occidentale, c'est-à-dire qu'il renferme des aires grégarigènes (30 000 km²) situées dans les régions septentrionales du pays (Adrar des Ifoghas et Tamesna). La ligne de front est constituée du Mali, de la Mauritanie, du Niger et du Tchad (Duranton & Lecoq, 1990).

L'agriculture est l'activité principale de la population malienne. Elle occupe environ 80 % de la population et représente l'un des principaux moteurs de l'économie en contribuant à environ 45% du PIB (produit intérieur brut) (DNSI) (Anonyme (CSLP), 2006). Lors de la dernière invasion au Mali, entre 2003 et 2005, 70 essaims de forte densité (25 000 à 2 000 000 individus à l'hectare) ont été dénombrés entre les 14^{ème} et 17^{ème} parallèles, sur environ 700 000 hectares (Lamissa, 2007). Cette crise acridienne a engendré un déficit céréalier de plus 400 000 tonnes, touchant 1 148 258 personnes, soit 10% de la population malienne, dans 101 communes selon le Système d'Alerte Précoce (Anonyme (PALUCP), 2007). Au niveau des fourrages, les pertes ont privé plus de 20 % du cheptel de nourriture (Anonyme (CNLCP), 2006). Pour lutter contre cette invasion, le pays a mobilisé environ 13 millions de \$US et des investissements considérables en moyens humains et matériels (Ben Halima *et al.*, 2001). Depuis 1880, les invasions du Criquet pèlerin ont sévi pendant près de 80 années partout dans le monde, soit une moyenne de 2 années sur 3. L'avant-dernière invasion, en 1986/1989, a mobilisé environ 700 millions \$US, (Ben Halima *et al.*, 2001) pour le traitement de 16 millions d'hectares infestés et celle de 2003/2005 environ 300 millions \$US, pour traiter 13 millions d'hectares. La gestion d'une crise acridienne coûte donc très cher, environ 1 milliard \$US pour 6 ans et mobilise des moyens humains et matériels pendant de nombreux mois. Enfin, l'utilisation massive de pesticides sur de grandes surfaces pendant les invasions a un impact négatif sur l'équilibre des écosystèmes (Lecoq, 2005).

Le Criquet pèlerin étant un ravageur transfrontalier, ces différentes crises sont gérées au niveau de la sous-région par la Commission de lutte contre Criquet pèlerin en Région occidentale (CLCPRO), sous l'égide de la FAO. Cette fonction était auparavant assumée par l'Organisation commune de lutte antiacridienne et lutte antiaviaire (OCLALAV) jusqu'en 1987.

Au Mali, le Centre national de lutte contre le Criquet pèlerin (CNLCP), créé le 29 décembre 2006, est la structure actuelle en charge de la surveillance et de la lutte sur toute l'étendue du territoire national. Afin d'éviter tout départ d'invasion, un de ses objectifs principaux vise l'amélioration de la lutte préventive (Lecoq, 1999).

La lutte préventive est reconnue par la communauté internationale comme la seule stratégie durable pour maîtriser les invasions du Criquet pèlerin. Elle consiste à surveiller en permanence les aires grégarigènes et à détruire par des interventions rapides sur des superficies limitées, les bandes larvaires et les premiers regroupements acridiens ayant amorcés le processus de grégarisation (Duranton *et al.*, 1995).

Ce travail de fin d'étude de 3^{ème} cycle en acridologie vise l'amélioration de la surveillance du Criquet pèlerin au Mali. La synthèse des données acridiennes disponibles permettra d'avoir une vision synthétique de la biogéographie du Criquet pèlerin, laquelle n'a jamais été effectuée. Or elle est indispensable pour rationaliser les efforts de surveillance et de lutte. La Mauritanie a déjà effectué une telle étude (Babah Ebbe, 2003). Nous avons décidé d'utiliser la même approche en l'adaptant à notre cas d'étude : la biogéographie du Criquet pèlerin au Mali. Popov disait que le cœur de la stratégie de prévention du Criquet pèlerin en Région occidentale se trouve dans l'Adrar des Iforas (Duranton & Launois, 1982). Notre travail est basé sur l'analyse des archives sur le Criquet pèlerin au Mali (OCLALAV, service de protection des végétaux et CNLCP). Il a pour but de préciser les connaissances sur la bioécologie du Criquet pèlerin, la dynamique spatio-temporelle des sites de reproduction et ceux de la transformation phasaire (les foyers de grégarisation). On précisera par la suite la dynamique saisonnière des populations des solitaires, *transiens* et grégaires, à l'état larvaire et imaginal. Ceci revient à tenter d'établir, pour la première fois, une biogéographie du Criquet pèlerin en Mali.

Ce travail est divisé en trois parties :

- La première partie présente tout d'abord la bioécologie du Criquet pèlerin au Mali ; elle a été élaborée grâce à une synthèse bibliographique exhaustive (400 ouvrages collectés). Ensuite, l'environnement du Criquet pèlerin est décrit globalement (climat, géomorphologie et évolution récente de cet environnement).
- La deuxième partie détaille la méthodologie adoptée pour saisir et analyser les archives (constitution de la base des données issues des fiches de prospection et des cahiers des prospecteurs de l'OCLALAV).
- La troisième partie présente les résultats sur la biogéographie du Criquet pèlerin.

Enfin, la discussion tente d'expliquer cette répartition acridienne moyenne, en se focalisant sur des régions précises certaines années. Quelques pistes sont données pour orienter les prospections. Enfin, l'étude de l'évolution spatio-temporelle des biotopes acridiens, par le biais de la télédétection spatiale, est évoquée en toute fin du mémoire.

1. LA BIO-ÉCOLOGIE ET L'ENVIRONNEMENT DU CRIQUET PÈLERIN

1.1. LA BIO-ÉCOLOGIE DU CRIQUET PÈLERIN

1.1.1. Le polymorphisme phasaire du Criquet pèlerin

Le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) est un locuste. Il présente donc un polymorphisme phasaire, c'est-à-dire la possibilité de développer des aspects variés et réversibles, selon la densité des populations. Ces différents aspects sont désignés sous le terme de phases. On distingue une phase solitaire pour les populations isolées et une phase grégaire pour les populations groupées. La transformation phasaire désigne le passage d'une phase à l'autre. Il existe des formes intermédiaires dites *transiens* : *transiens congregans* dans le cas d'une évolution de la phase solitaire vers la phase grégaire et *transiens degregans* dans le sens inverse. Le passage de la phase solitaire à la phase grégaire demande en général plusieurs générations successives (4 au minimum), au cours desquelles les conditions favorisant la transformation phasaire doivent se maintenir. Le passage de la phase grégaire à la phase solitaire est beaucoup plus rapide et s'effectue souvent en l'espace d'une ou deux générations (Lecoq, 1991).

Le Criquet pèlerin en phase solitaire est beaucoup plus sensible et dépendant des conditions environnementales du micro-milieu. Les individus grégaires sont eux beaucoup plus résistants aux conditions environnementales difficiles, leur aire de dispersion est donc beaucoup plus vaste (figure 4).

1.1.2. Les invasions généralisées

Lorsque la transformation phasaire a réussi et que les populations grégaires sont nombreuses et forment des bandes larvaires et des essaims sur de vastes territoires, on parle alors de période d'invasion. Les dégâts sur les cultures peuvent alors être considérables. Entre deux périodes d'invasion s'intercale une période de rémission. Les populations grégaires sont absentes, les solitaires dominant en vivant isolés. Les dégâts sur les cultures sont alors insignifiants.

La figure 1 montre les variations du nombre de pays envahis par des essaims de Criquets pèlerins depuis 1880. On y distingue nettement l'alternance des périodes d'invasion et de rémission. On peut également constater qu'il n'y a pas de cycle régulier d'invasion et de rémission.

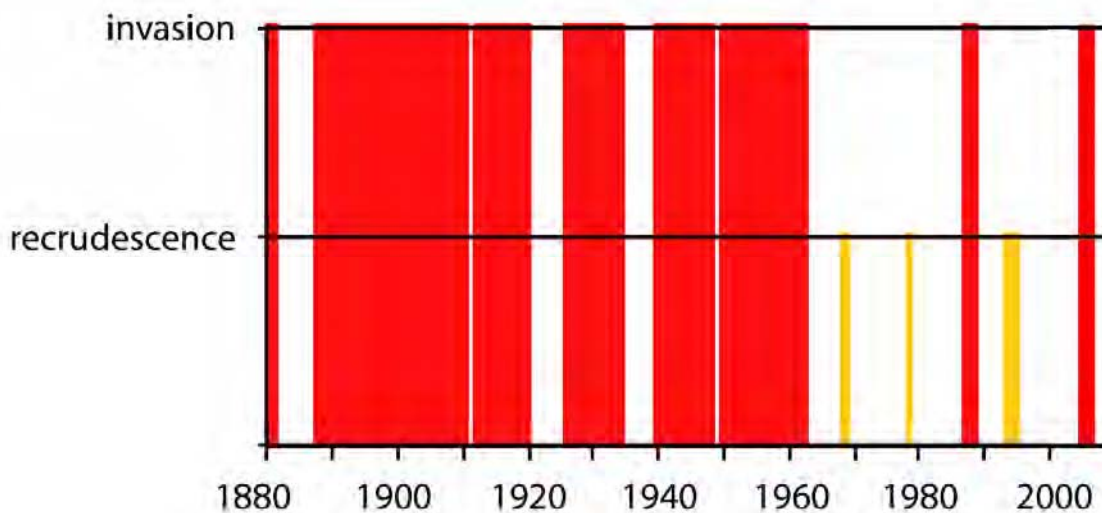


Figure 1 : Fréquence et durée des invasions du Criquet pèlerin (Lecoq 2001).

La mise en place de dispositifs de lutte préventive au cours des années 1960 a permis de réduire significativement la périodicité et la durée des invasions. Cette lutte préventive est basée tout d'abord sur une bonne connaissance de la biologie de l'acridien.

1.1.3. La biologie du Criquet pèlerin

Le Criquet pèlerin effectue 2 à 3 générations par an, avec un arrêt de développement facultatif à l'état imaginal (quiescence), qui lui permet de passer de longues périodes sèches. En fonction de la température, les œufs mettent de 11 à 60 jours pour se développer. Les larves grégaires passent par 5 stades mais certaines femelles solitaires et plus rarement les mâles, peuvent doubler le stade 3 (3 bis). Les grégaires effectuent leur développement larvaire en 25 à 50 jours et les solitaires en 30 à 90 jours. Après la mue imaginale, l'imago apparaît. La durée de la période pré-reproductive est très variable selon les conditions écologiques rencontrées. Elle peut durer de 15 jours en saison pluvieuse à 6 mois en saison sèche, période pendant laquelle l'insecte peut parcourir des distances considérables à la recherche de zones encore vertes. Les femelles pondent en moyenne 2 ou 3 fois (plus rarement 4) dans leur vie. La durée globale d'une génération de Criquet pèlerin, solitaire ou grégaire, varie de 2 à 6 mois (Duranton & Lecoq, 1990). Les trois états successifs du cycle biologique du Criquet pèlerin sont représentés figure 2.

1.1.4. L'écologie

À l'état embryonnaire et larvaire, le Criquet pèlerin a des besoins hydriques indispensables pour sa survie et son développement. Les œufs sont très peu résistants, ils doivent absorber leur propre poids en eau dans un délai de quelques jours après la ponte, faute de quoi ils périssent. Les larves (surtout celles en phase solitaire) sont aussi très fragiles et résistent mal à la sécheresse.

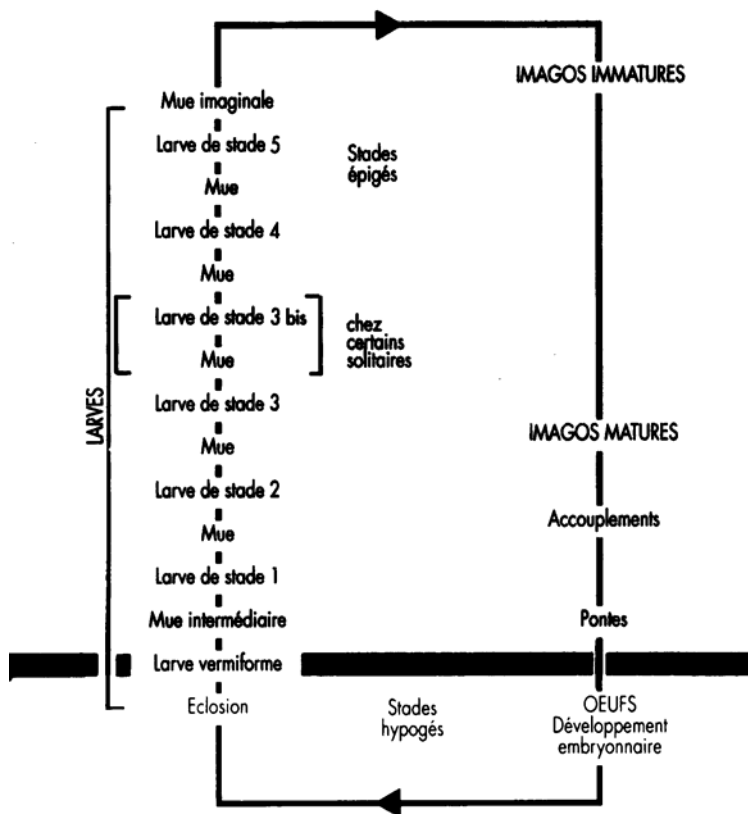


Figure 2 : Cycle biologique du Criquet pèlerin

À l'état imaginal, des exigences directes en eau se manifestent aussi, pour assurer non seulement la survie mais surtout le succès de la reproduction car en absence de végétation verte et d'un sol humide ni la maturation ni la ponte ne peuvent se réaliser. Pour satisfaire ses exigences bioécologiques, le Criquet pèlerin doit entreprendre de grands déplacements pour rejoindre les régions favorables sur le plan pluviométrique de son aire de distribution (Duranton & Lecoq, 1990).

1.2. L'ENVIRONNEMENT DU CRIQUET PÈLERIN

Le Criquet pèlerin en phase solitaire hante les déserts chauds de l'Ancien Monde. En phase grégaire, il envahit les bordures semi-arides, voire humides des zones désertiques, méditerranéennes ou tropicales. Dans ces milieux contrastés, chaque population bénéficie d'un environnement fluctuant, qui lui permet un développement plus ou moins complet. Un environnement se caractérise par des conditions du milieu et les conditions écologiques existant dans une zone géographique déterminée. La détermination de l'extension géographique de chaque milieu conduit à la délimitation d'unités territoriales écologiquement homogènes (UTEH). Placées dans un même milieu, une population solitaire et une population grégaire de Criquet pèlerin auront des perceptions différentes (Duranton & Lecoq, 1990).

Un biotope à Criquet pèlerin est une unité territoriale écologiquement homogène susceptible d'offrir des conditions plus ou moins favorables au développement des populations de cet acridien, ce qui implique que les biotopes sont donc spatialement et temporellement délimités (Duranton & Lecoq, 1990).

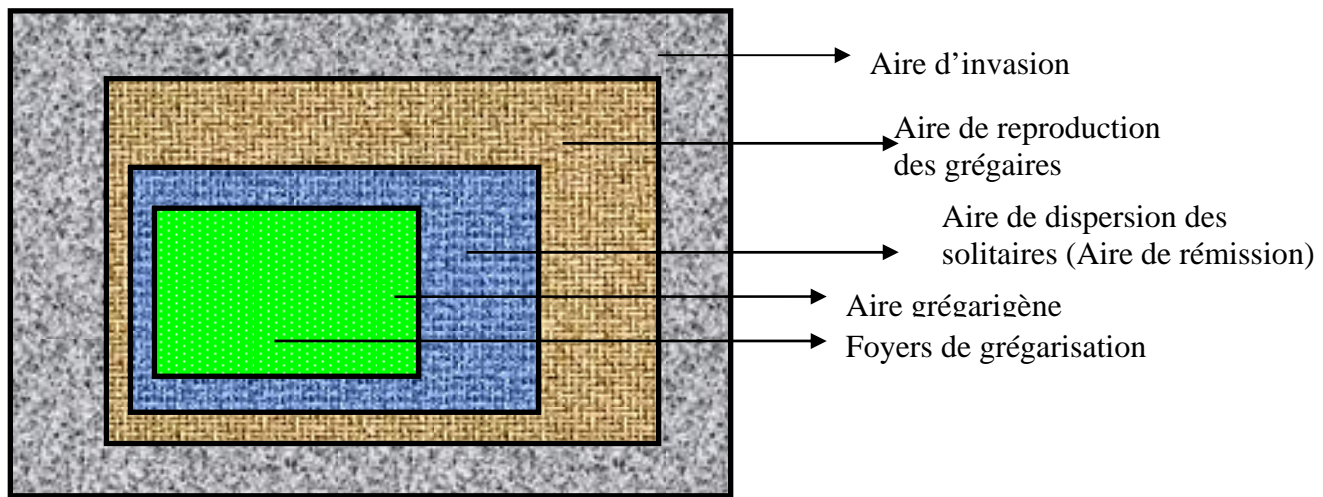


Figure 3 : Les aires complémentaires du Criquet pèlerin.

Ce schéma (figure 3) présente les différentes aires de dispersion du Criquet pèlerin selon sa phase. L'aire d'invasion est l'ensemble des territoires susceptibles d'être contaminés par les populations grégaires. Elle est la plus large car les imagos grégaires ont les exigences écologiques les moins contraignantes. L'aire de reproduction des grégaires est la zone où le Criquet pèlerin grégaire est capable de se reproduire. Elle évolue avec les conditions éco-météorologiques et est englobée dans l'aire d'invasion. L'aire de dispersion des solitaires est l'ensemble des zones où le Criquet pèlerin solitaire peut vivre ou survivre. L'aire grégariène est constituée de territoires écologiquement complémentaires qui assurent le maintien des populations en phase solitaire et la possibilité de transformation phasaire si les conditions éco-météorologiques sont favorables. Elle possède en son sein les foyers de grégarisation. Le foyer de grégarisation est une entité territoriale où des conditions éco-météorologiques favorables induisent des pullulations acridiennes et des phénomènes de densation conduisant à la transformation phasaire. Contrairement aux quatre premières aires du Criquet pèlerin, les limites du foyer de grégarisation évoluent selon les conditions climatiques.

1.2.1. Les aires grégariènes

Les données recueillies au cours des cycles anciens de pullulations du Criquet pèlerin ont permis de mettre en évidence la présence de zones où, le plus souvent, les solitaires se concentrent, se multiplient et grégarisent avant l'invasion. Ces zones sont soumises à des conditions climatiques particulières, qui offrent des complémentarités écologiques saisonnières aux Criquets pèlerin pour effectuer son développement en phase solitaire. Ces zones sont appelées les aires grégariènes (Duranton & Lecoq, 1990). Selon ces auteurs, les principales aires grégariènes (figure 4) sont :

- L'aire grégariène de la région orientale, en bordure du désert indo-pakistanaï (où les systèmes de vents favorisent des concentrations importantes de populations) ;
- L'aire grégariène centrale des côtes de la mer Rouge et du golfe d'Aden (où les régimes de pluies peuvent fournir des conditions favorables à la reproduction tout au long de l'année) ;
- L'aire grégariène de la région occidentale de l'Afrique de l'Ouest et du Nord-Ouest.

Au sein de ces aires grégariènes, les zones où les conditions propices à la transformation phasaire sont réunies pour une année donnée sont appelées les foyers de grégarisation. Ces foyers évoluent d'une année à l'autre mais avec le recul offert par les données historiques, il serait envisageable d'en dresser la liste associée à une probabilité d'activité.

Ces notions d'aires grégarigènes et de foyers de grégarisation ont beaucoup aidé à l'organisation de la surveillance et de la lutte. C'est grâce à elles qu'il a été possible de mettre au point une stratégie de lutte préventive (Ceccato *et al.*, 2007).

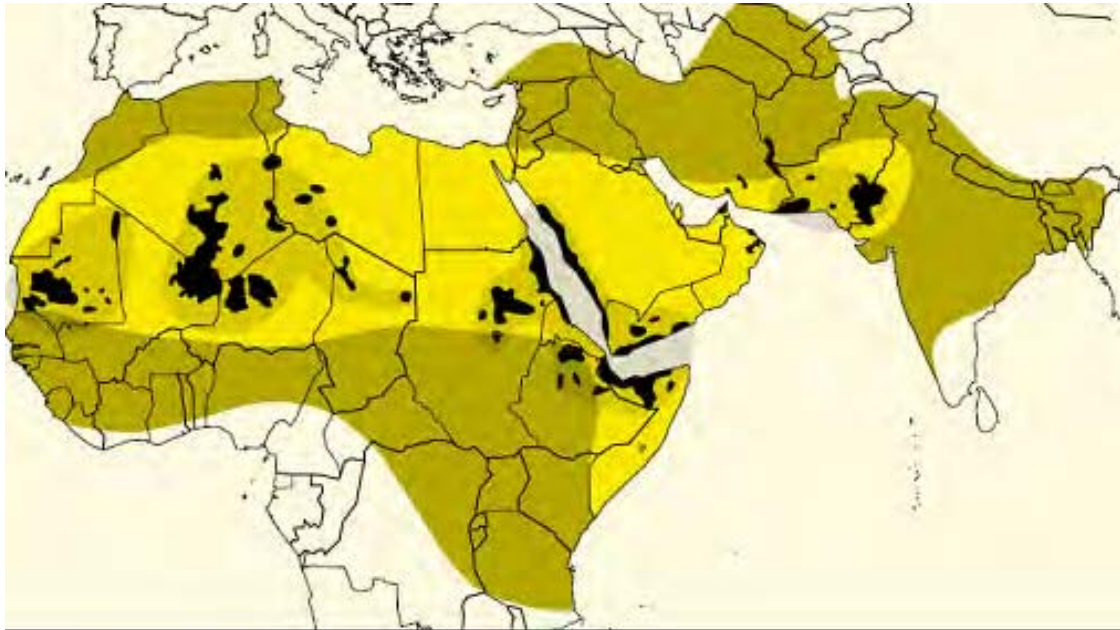


Figure 4 : Aires grégarigènes du Cricet pèlerin entre 1926 et 1976 (Waloff, 1976 ; Anonyme-COPR, 1982).

En noir, aire grégarigène ; en jaune, aire de dispersion des solitaires, en noir claire, aire d'invasion.

1.2.2. Complémentarité écologique saisonnière des aires grégarigènes

Pendant la période de rémission, les individus du Cricet pèlerin vivent disséminés en faible densité dans les rares zones vertes au sein des vastes zones arides et semi-arides. Pour une meilleure utilisation des ressources disponibles et en adaptation aux variations climatiques, dont en particulier la répartition spatio-temporelle des pluies, le Cricet pèlerin exploite dans l'ensemble de son aire d'habitat trois zones principales et complémentaires de reproduction, entre lesquelles il y a un échange permanent des insectes (figure 5) (Ould Ahmedou, 2002) :

1. Zone de reproduction estivale

Cette zone renferme presque la totalité de l'Afrique sub-saharienne, l'Arabie méridionale, le Pakistan et le Nord-Est de l'Inde et fonctionne à la faveur des pluies de mousson entre les mois d'août et d'octobre.

2. Zone de reproduction hivernale

Elle comprend le Sud du Maroc, de l'Algérie, de la Tunisie, et de la Libye, le Nord du Tchad, du Niger et du Mali, la Mauritanie, la Corne de l'Afrique et les contrées de l'Asie du Sud-Ouest. Les reproductions ont lieu entre les mois d'octobre et de janvier.

3. Zone de reproduction printanière

Elle couvre l'Afrique du nord, la Somalie, l'Éthiopie et certains pays de l'Asie. La reproduction a lieu entre les mois de décembre et de mai. Les ailés descendent généralement vers la zone estivale à partir de juillet.

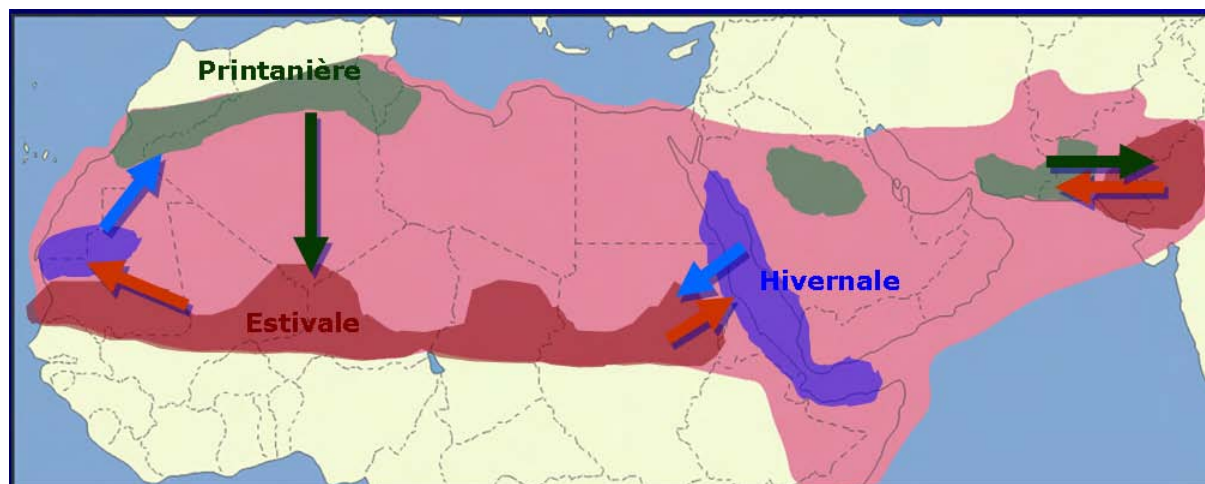


Figure 5 : Aires de reproduction et mouvements saisonnier du Criquet pèlerin.



Aire de rémission

Aire de reproduction estivale

Aire de reproduction printanière



Aire de reproduction hivernale

1.3. LE CRIQUET PÈLERIN AU MALI

Cette partie a pour objectif de faire l'état des lieux de la lutte contre le Criquet pèlerin au Mali.

1.3.1. Le Mali et la lutte antiacridienne

La lutte antiacridienne au Mali date du temps du Soudan Français, dans les années 1930. La première structure a été le Service fédéral antiacridien du Haut commissariat général en Afrique Occidentale Française (AOF) avant le 31 juillet 1959, suivie de l'OCLA à partir du 1^{er} août 1959. Ces structures recevaient les signalisations au Criquet via les services de l'Agriculture, de l'élevage et des eaux et forêts (Besnault *et al.*, 1962). Elle sera suivie de l'OCLALAV en 1965. La fin des années 1980 est une période où l'OCLALAV n'avait plus les moyens de sa politique et correspond à la prise en charge par les États eux-mêmes de la gestion des invasions acridiennes. Le Service national de protection des végétaux du Mali est la structure de gestion du Criquet pèlerin. L'Unité nationale de lutte contre le Criquet pèlerin est sous la tutelle de la Direction nationale de l'Appui au monde rural (DNAMR).

1.3.2. L'environnement du Criquet pèlerin au Mali

Situé au cœur de l'aire de dispersion des solitaires dans la région occidentale, entre les 10° et 25° de latitude Nord, 11° de longitude Ouest et 5° de longitude Est, le Mali couvre une superficie de 1 241 238 km², avec une population estimée à 11,4 millions d'habitants en 2006 (Anonyme (CSLP), 2006). On distingue quatre (4) grandes zones climatiques, du Sud au Nord (figure 6) :

- la zone soudanienne, la plus pluvieuse (850 à 1150 mm annuels) en temps normal, couvrant 6% du territoire national ;
- la zone nord-soudanienne, moins pluvieuse (550 à 850 mm par an), représentant environ 18 % du territoire ;
- la zone sahélienne (250 mm à 550 mm par an) ;
- la zone aride saharienne (moins de 250 mm par an), plus au Nord, couvrant près de 75% du territoire et où les pluies deviennent de plus en plus rares à mesure qu'on avance dans le Nord (Anonyme (Météorologie Mali), 2008).

Le Criquet pèlerin solitaire se développe au nord dans la zone aride saharienne. Les pluies y sont rares et mal réparties dans l'espace et dans le temps. Les températures diurnes atteignent des maxima ($> 42^{\circ}\text{C}$ en avril et mai à Kidal) tandis que les températures nocturnes sont basses. Des tempêtes et vents de sable soulèvent d'étouffants nuages de poussière sur les étendues plates provoquant des érosions et décapant la terre arable. L'évapotranspiration est très élevée. La nappe phréatique profonde dans la majeure partie de la région constitue un frein pour l'approvisionnement en eau et son exploitation pour l'agriculture.

Trois unités constituent le cœur de cette zone : le Centre Adrar, le Tamesna et le Timétrine. À ces ensembles, peuvent s'ajouter les deux grands versants (est et ouest) d'où partent les écoulements d'eau issus des pluies recueillies sur les montagnes et les escarpements. Les deux versants prennent leur source sur les mêmes montagnes.

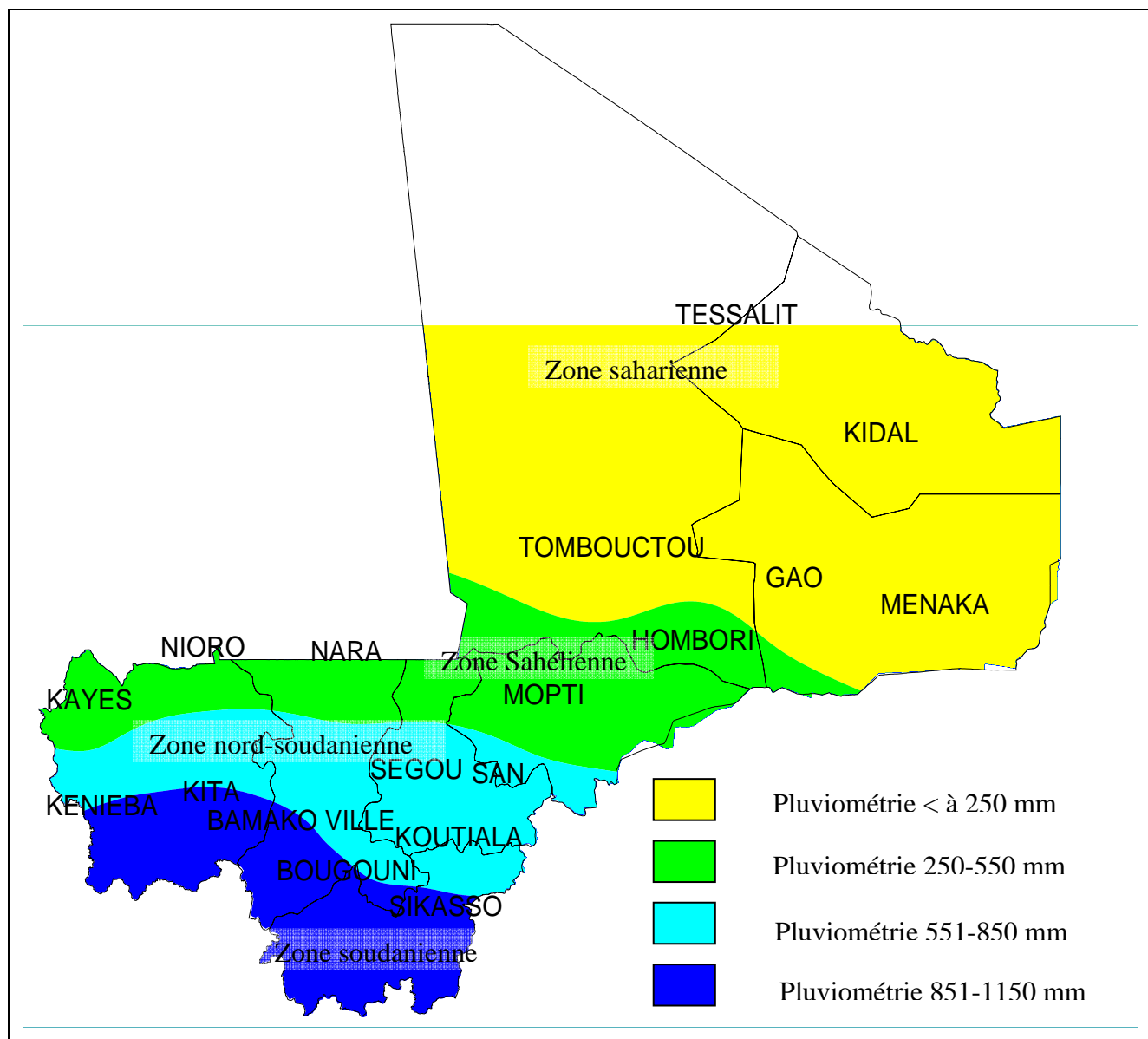


Figure 6 : *Pluviométrie moyenne annuelle au Mali (1971-2000).*

2. PRINCIPES ET MÉTHODES

Le présent chapitre porte sur les méthodes utilisées dans nos travaux de recherche pour traiter les données des prospections effectuées au Mali sur le Criquet pèlerin et en faire la synthèse. Il traite autant de l'acquisition des données acridiennes anciennement disponibles qui a été réalisée au Mali (Gao et Bamako), que de l'analyse qui en a été faite et réalisée en France (CIRAD à Montpellier). Pour arriver à reconstituer le cycle biogéographique du Criquet pèlerin au Mali, nous avons décidé d'utiliser les données déjà collectées. Ces données archives ont été ressaisies en utilisant la fiche de prospection de la FAO. L'ensemble de ces données ont été saisies dans une base Access liée au logiciel de cartographie Arc GIS pour la réalisation des cartes d'occurrence et l'analyse. Les moyens informatiques mis en œuvre sont composés de micro-ordinateurs de type PC, équipés des logiciels suivants :

- Access pour la gestion des données ;
- Arc GIS 9.3 pour l'analyse cartographique ;
- Word pour le traitement de texte ;
- Référence Manager pour la gestion de la bibliographie.

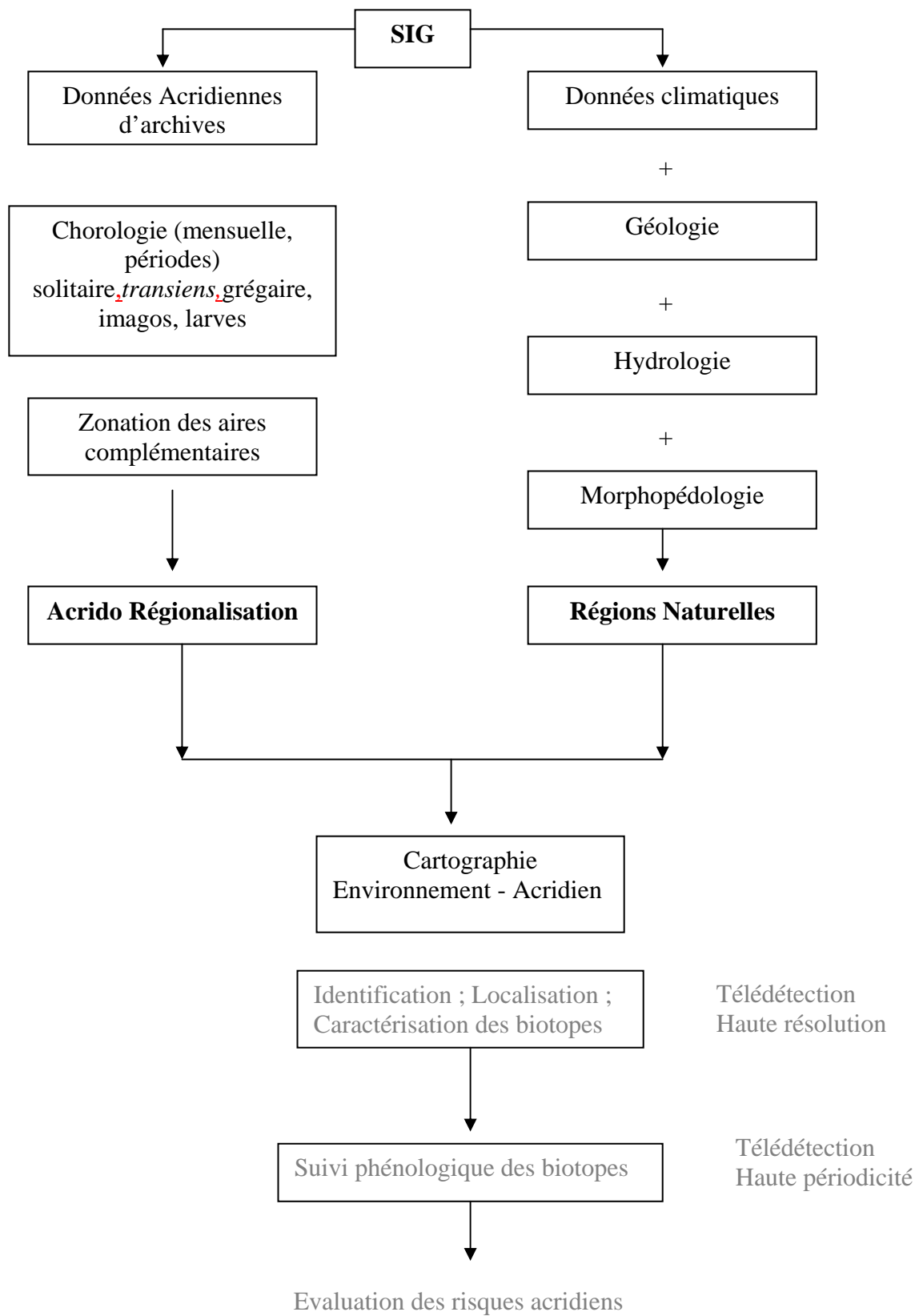


Figure 7 : Méthodologie de l'étude de la biogéographie du Criquet pèlerin jusqu'à la mise en place d'un outil de surveillance et de lutte préventive.

En grisé : les activités non traitées dans le cadre de ce troisième cycle.

2.1. BIBLIOGRAPHIE ET ÉTUDES DISPONIBLES SUR LE CRIQUET PÈLERIN AU MALI

Pour réaliser une synthèse bibliographique, une base de données bibliographique pour le Mali a été créée sous Référence Manager. Cette base contient 317 références dont 215 sur les acridiens au Mali (Criquet migrateur) et seulement 18 sur le Criquet pèlerin. Il faudra ensuite consolider régulièrement cette base pour une utilisation pour les futures générations.

Les premiers documents faisant cas du Criquet pèlerin datent de 1934 (Zolotarevsky & De Lepiney, 1934). Ces auteurs ont effectué une mission de prospection dans le cercle de Nara au Mali et de Nema en Mauritanie. Mallamaire (1950) a fait une observation biométrique concernant le *Schistocerca gregaria* en Afrique Occidentale Française dans les années 1930. Les premières signalisations datent de Janvier 1941 dans le lac Gouber à Goundam (Mallamaire & Roy, 1954). La FAO a mené plusieurs programmes de recherches au Mali à travers des projets, financés sur le fond spécial des Nations Unies sur le Criquet pèlerin. Ces programmes ont porté sur l'accompagnement des équipes de prospection et leur renforcement de capacité dans leur mission de surveillance de l'aire grégarigène au Mali.

L'Organisation Commune de Lutte Anti-acridienne (OCLA) a mené des missions de prospection en 1961 dans les zones situées dans les parties frontalières entre le Mali et la Mauritanie. Elle a fait une analyse sur la distribution des occurrences et des signalisations acridiennes. L'OCLALAV a également effectué des recherches à travers son unité de recherche à la base à Gao de 1965 à 1976.

D'autres études occasionnelles ont été réalisées par Skaf (1978) dans le cadre de l'OCLALAV et de la FAO ; en particulier, l'étude sur les cas de grégarisation du Criquet pèlerin en 1974 dans le Tamesna malien et au Sud-ouest de la Mauritanie (Skaf, 1978). Le professeur Pasquier a également dirigé des prospections conjointes Mali Mauritanie en 1970 (Anonyme (OCLALAV), 1970).

Des missions de prospection écologiques et acridiennes ont été également faites sur le terrain par Popov (1969 ; 1982 ; 1988). L'étude de Popov, Duranton & Gigault (1991) couvre aussi le Mali. L'atlas préparé pour la FAO (Popov, 1997) constitue un document de synthèse qui couvre les zones de reproduction et les principaux axes de déplacement des essaims en période d'invasion et de rémission sur l'ensemble de l'aire de distribution du Criquet pèlerin dont le Mali. Enfin, Popov a aussi participé aux travaux préliminaires de terrain en vue de l'élaboration d'une carte des biotopes acridiens de la région de Kidal par la coopération allemande, GTZ (Voss & Dreiser, 1994).

La situation des archives actuelles de Criquet pèlerin sur le Mali reste précaire. La base OCLALAV de Gao devenue depuis propriété du service national de protection des végétaux du Mali et Base principale du CNLCP ne dispose pas de moyens efficaces pour restaurer les archives. Il faut également signaler qu'une grande partie de ces informations se trouve à Dakar au Sénégal au siège de l'OCLALAV et reste aujourd'hui totalement inaccessible.

2.2. LES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

Après les indépendances, chaque pays africain s'est doté d'une structure en charge de la gestion des phénomènes météorologiques. Au Mali, la direction nationale de la

météorologie est un service public sous la tutelle du département des transports et des travaux publics. Les informations sont recueillies également par les services déconcentrés de l'agriculture dans chaque localité du Pays. Le pays dispose de 56 stations dont 11 dans le nord du pays avec une moyenne d'âge de 50 ans.

Le service de la météorologie au Mali a mis en place un groupe de travail pluridisciplinaire auquel est associé le CNLCP pour le suivi de la campagne agricole. Ce groupe donne la situation décadaire de l'évolution de la campagne agricole encours. C'est l'occasion pour le CNLCP d'accéder à toutes les informations agro météorologies pour la planification de ses opérations de prospection.

Les données sont collectées sur 56 stations météorologiques, réparties de façon irrégulière sur le territoire malien (figure 8). Ces stations fournissent des données météorologiques générales : pluviométrie, températures (minima et maxima), humidité de l'air (minima et maxima), aérologie (force et direction du vent) et évapotranspiration (ETP), sur des pas de temps journaliers, décadaires, mensuels et annuels. Ces données sont présentées sous forme de tableau Excel.

D'autres informations relatives aux conditions météorologiques sont collectées par les équipes de prospections. Ces données ponctuelles sont uniquement utiles, au jour le jour, pour la gestion de la lutte antiacridienne, mais n'ont aucune utilité pour des études à moyen terme.

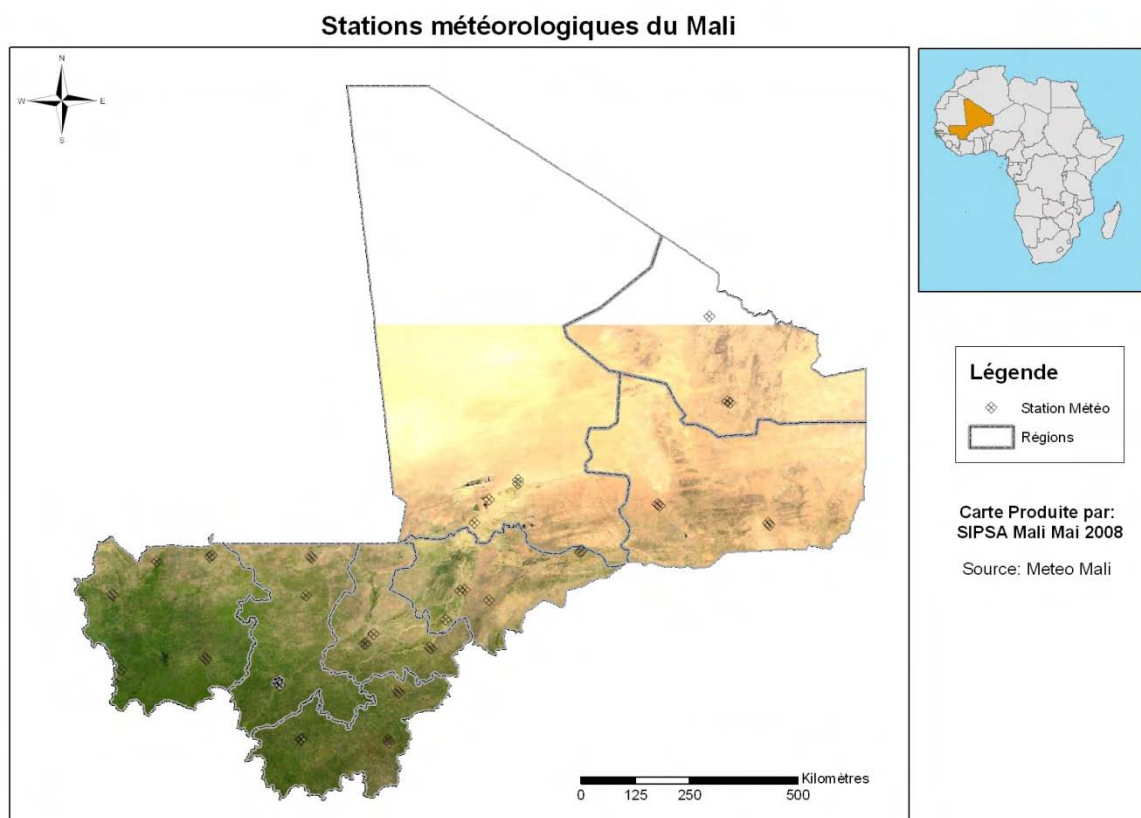


Figure 8 : Les stations météorologiques du Mali

2.2.1 Choix des données

Parmi les données météorologiques collectées et archivées par le service de la météorologie nationale, certaines ont une importance particulière pour le Criquet pèlerin, en

particulier la pluviométrie qui a un impact sur la végétation (abri et nourriture) et sur le sol (développement embryonnaire).

2.2.2 Données disponibles

Les données collectées portent sur l'ensemble des stations au nord du service national de la météorologie et datent de 1960 à 2008. On dispose également des relevés des postes pluviométriques des services de l'Agriculture, de l'OCLALAV et de l'armée. Ces informations sont disparates et restent plus ou moins non exploitable pour notre étude. Elles servent surtout dans le cadre du suivi décadaire du Criquet pèlerin dans son habitat.

2.2.3 Fréquences mensuelles des précipitations

L'ensemble des données pluviométriques (Voir annexe 1) recueilli a été analysé afin de déterminer la fréquence mensuelle des précipitations au niveau des 10 stations météorologiques du nord du pays. Elle a été réalisée suivant un pas de temps mensuel et selon les classes figurant dans le tableau 1.

Tableau 1 : Les classes de pluviométrie.

	Classes pluviométriques (mm)									
Mois	0	1-5	6-10	11-15	16-25	26-50	51-75	76-100	101-150	>150

2.3. DONNÉES ACRIDIENNES

Le Mali a abrité l'une des plus grande structure de recherche sur le Criquet pèlerin en Afrique (OCLALAV). Cette structure a mis en œuvre une stratégie de lutte préventive efficace pour la gestion du ravageur, d'où une période d'accalmie prolongée de 1963 à 1987. Des archives sont stockées à la base principale de Gao qui n'attendent qu'à être mise en valeur (informations manuscrites dans des cahiers de messages radio). Il est aujourd'hui temps d'améliorer l'archivage et d'optimiser l'exploitation et surtout de les informatiser.

Le premier travail du stage a consisté à reporter toutes les informations contenues dans les cahiers de messages radio sur les fiches de prospection FAO. Deux prospecteurs expérimentés dont le doyen Aguisa Ag Ibarkhawane ont réalisé cette tâche. La saisie des données a été effectuée sous Access par des agents pendant une durée de 4 mois. La base comporte actuellement 5909 enregistrements et 148 descripteurs. Compte tenu du temps imparti, on n'a pas pu approfondir nos recherches.

2.3.1 Origine des données acridiennes

Les données acridiennes ont été collectées sur le terrain par des équipes de prospection terrestres. Ces équipes parcouraient et parcourent toujours régulièrement les zones de reproduction du Criquet pèlerin dans le pays selon un plan stratégique élaboré. Ces zones sont prospectées plus généralement en début et fin de saison des pluies suivant la campagne acridienne. Elles peuvent être motivées par la pluviométrie en particulier et les conditions météorologiques en générales (température, hygrométrie).

Le nombre des équipes déployées varie en fonction des périodes de rémission ou d'invasion, des moyens disponibles et de l'accessibilité au terrain (insécurité). En période de rémission, 6 équipes de prospection/traitement et trois équipes de lutte évoluent dans la zone de

reproduction estivale pendant 45 à 90 jours. Cette stratégie résulte de celle mise en place depuis du temps de l'OCLALAV. Cependant, pour prendre en compte la dimension environnement et un meilleur suivi sur le terrain, ces équipes sont appuyées par une équipe de maintenance, une équipe de suivi sanitaire/environnemental ainsi qu'une équipe de supervision.

Les équipes de prospection sont réparties entre les entités géographiques des aires de prospection. Il s'agit du Tamesna, le versant-est de l'Adrar, le Centre Adrar, le versant-Ouest de l'Adrar, la Vallée du Tilemsi et les raliéfs du Timetrine qui se prolonge au nord de Tombouctou (Elloul, El Mamouel, Bou Djebéa Abelbod).

Plus précisément, les équipes de prospection évoluent depuis 2002 dans les zones suivantes :

- Equipe 1 : Tenikert, Tégorast, Tin-Essako, In-Tamat ;
- Equipe 2 : Kidal, Aouknek, Tessalit-Est, Tinzwatène ;
- Equipe 3 : Anefis, Aguel-Hoc, Tessalit-Ouest ;
- Equipe 4 : Anechag, Timétrine, Taounnant, Tagnout Chagueret
- Equipe 5 : Elleoul, El Mamouel, Bou Djebéha et Abelbod,
- Equipe 6: In-Tebezas, Tabankort, Farit, Bamba

Une équipe peut être appelée en renfort en fonction de l'évolution de la situation acridienne (augmentation des effectifs locaux et/ou arrivée d'essaims allochtones). Ces équipes sont appuyées par :

- trois équipes de traitement qui ne sont mobilisées qu'en cas de besoins de traitement. Elles seront dotées d'une certaine quantité de pesticides et d'appareils de traitement.
- une équipe de supervision pour la coordination et le suivi des opérations. Cette équipe réalise des missions de supervisions des équipes de terrain pour contribuer à l'exécution correcte du plan d'action des opérations de surveillance et assurer un contact permanent avec les équipes de terrain pour ajuster dès que besoin leur itinéraire et durée de mission.

La durée de séjour d'une même équipe sur le terrain est variable (de quelques semaines à plusieurs mois) en fonction de l'activité acridienne. Les arrêts pour observations sont effectués en fonction de la présence d'acridiens ou de conditions éco-météorologiques favorables. Toutes les observations sont notées par le prospecteur dans son cahier. La transmission de ces observations se fait sur la base des fiches de collecte de la FAO. Le message donne la position de l'équipe, résume l'itinéraire parcouru, les observations acridiennes, écologiques, météorologiques et les activités de lutte menées, toutes les signalisations récoltées pendant la journée, ainsi que les problèmes rencontrés.

Actuellement, chaque équipe de prospection/traitement est composée d'un chef prospecteur, de deux chauffeurs, d'un manœuvre, d'un guide et est dotée d'un appareil autoporté, de 100 litres de pesticides, de deux appareils à moteur, de 5 appareils micron-ulva, d'un lot d'équipement de prospection (GPS, eLocust2, cartes géographiques, boussole, compteur à main, psychomètre, anémomètre, fiches de prospection) du matériel de campement (lits, matelas, couvertures, moustiquaires, sacs de couchage et caisse popote) et de protection nécessaire (combinaison, gants, lunettes, bottes, casquettes).

En dehors des équipes de prospections, des informations acridiennes peuvent provenir parfois des nomades, de l'armée et des voyageurs. A cet effet, une équipe de confirmation du CNLCP est envoyée immédiatement sur place.

Au temps de l'OCLALAV comme aujourd'hui, les messages radio reçus étaient consignés dans le "cahier-radio", qui constitue une archive chronologique des événements. Ces

messages étaient traités et analysés par la base de Gao et transmises ensuite à Bamako, et les actions nécessaires étaient prises en fonction de leur degré d'urgence et de risque.

Actuellement, les messages d'eLocust2 partent du terrain directement à la FAO (via satellite) sans un traitement préalable par la structure centrale à laquelle appartient le prospecteur. Ces messages sont archivés dans la messagerie électronique du responsable de l'information du CNLCP et transférés ensuite dans la base RAMSES. La synthèse de l'ensemble de ces informations acridiennes est consignée dans des bulletins rédigés par le CNLCP et diffusés en fonction de la période d'activité acridienne, sur un pas de temps journalier (memo) ou décadaire, au niveau national, régional et international.

2.3.2. Caractéristiques des données acridiennes

Les données collectées pour notre travail proviennent des différentes structures qui ont eut en charge la surveillance du Criquet pèlerin au Mali, à savoir : le Service national de protection des végétaux, la Direction nationale de l'appui au monde rural et l'Office de la protection des végétaux. La base OCLALAV de Gao et le siège à Dakar ont fait l'objet de notre visite dans le cadre de la collecte des informations. Il faut signaler qu'au niveau de ces deux structures, l'état des archives laisse à désirer. Elles sont couvertes de poussières et ne bénéficient d'aucun entretien. L'accès aux archives de l'OCLALAV à Dakar est très difficile. Il a fallu dépoussiérer et trier les différents documents pour les remettre en état. Quand au CNLCP, une base de données existe sous RAMSES depuis 2003 et renferme les informations de 2003 à 2008, récoltées suivant la fiche FAO de prospection.

2.3.3. Diagnostic et conditionnement des données

Pour mettre en forme toutes ces informations, deux prospecteurs de Gao ont travaillé pendant quatre mois sur les cahiers de messages radios et des prospecteurs. Ils ont reporté sur les fiches FAO les renseignements issus de chaque prospection. Leur très grande expérience de terrain les permettait de valider les informations.

Il a fallu quatre agents et quatre PC pendant deux mois pour saisir les données. L'ensemble de ces données a été saisie sous Access.

En France, la base a été mise en forme pour pouvoir répondre au critère de création de tables et de requêtes indispensable à l'analyse et à la cartographie. Chaque champ doit être homogène (numérique, texte ou date) et ne contenir qu'une seule information. Une base de données relationnelle a été réalisée selon les étapes suivantes :

- création d'un champ d'identification unique pour chaque enregistrement,
- identification des champs à la base,
- identification des formats des champs (caractère, numérique...),
- identification du nombre de caractères par champs,
- regroupement des enregistrements en 6 tables relationnelles,
- rationalisation des modalités pour chaque champ.

De nouveaux champs indispensables pour l'analyse des données ont été créés. Pour chaque enregistrement une valeur a été calculée ou déduite :

- Appartenance à un quart de degré carré et à une région naturelle,
- Appartenance à un mois, un trimestre, une année,

- Présence ou absence de Criquet pèlerin,
 - Phénologie : présence ou absence de larve ou d'imago,
 - Phase : présence ou absence de solitaire, *transiens* ou grégaire,
 - Période d'acquisition de la donnée : OCLALAV, CNLCP...
 - Agent de saisie.
 - Période : Rémission, Recrudescence, Invasion ou Déclin.
-
- Enfin, une nouvelle table a été créée (Sit_Acri) permettant d'attribuer une situation acridienne à chaque trimestre de 1966 à 2008

2.3.4. Structure des données

La base est constituée de 6 tables exploitables de façon indépendante mais reliées par un identifiant unique : le numéro de relevé. Pour analyser les tableaux, on a opté pour la présence/absence, indiquée par zéro (0) en cas d'absence ou un (1) en cas de présence. Cette notation permet de faire ressortir les typologies simples.

La fiche de prospection FAO a servi de modèle pour harmoniser la description des données. Elle se présente de la façon suivante :

- La localisation : la Longitude et la Latitude du point d'arrêt.
- Le Biotope : Topographie, nature du sol, Humidité.
- Les Conditions météorologiques : Température, Hygrométrie, nébulosité direction du vent au moment du relevé.
- La végétation : Espèce, Densité de la végétation, stade de développement.
- Population acridienne : phase, phénologie, densité.
- Traitements : produits utilisés, dose, quantité, type de traitement.
- Données floristiques collectées sur la base d'une liste préétablie par la FAO. Suivant les fiches de prospection, la présence des espèces végétales était signalée au fur et à mesure des prospections. A chaque plante un code est attribué et relevé sur la fiche. La base de Gao dispose d'un ancien herbier mais en phase de détérioration totale. Pour des impératifs de temps nous n'avons pu traiter spécifiquement cette partie.

2.4. ANALYSE FRÉQUENTIELLE GÉO-RÉFÉRENCÉE

Ce travail a pour finalité de faire comprendre la distribution spatio-temporelle du Criquet solitaire sur une base fréquentielle selon des pas de temps mensuels, trimestriels ou annuels et selon une maille géographique d'un quart de degré géographique carré.

Cette analyse fréquentielle géo-référencée des données a été réalisée en fonction de la présence de Criquet pèlerin, d'imago solitaires, *transiens* ou grégaires et larves solitaires, *transiens* ou grégaires. Un pas de temps mensuel et une maille d'un quart de degré carré ont été choisis comme les plus pertinents.

2.4.1. Analyse spatiale des données

Chaque enregistrement correspond à une prospection et donc à un point. Afin d'avoir une vision générale de l'évolution spatiale de la dynamique des populations, il convient de visualiser des surfaces. La maille du quart de degré carré (environ 50 km x 50 km) a été retenue pour projeter l'ensemble des points. Une jointure spatiale sur ArcGIS a été effectuée entre la couche des points de prospection et la couche des quarts de degré carré.

Par la suite l'ensemble des analyses a été effectuée à la maille du quart de degré carré. Ceci permet d'avoir une vision à la fois globale à l'échelle du pays et précise à l'échelle des régions. Mais bien conscient que ces limites de quarts de degré carré n'ont aucune valeur environnementale, nous avons finalement projeté les données sur la couche des régions naturelles définies par Popov *et al.* (1991). Cette couche a été scannée et géoréférencée à partir de la carte papier établie pour l'ensemble de l'aire de dispersion des solitaires du Criquet pèlerin. La qualité des frontières des régions à l'échelle du Mali est donc imprécise.

2.4.2. Analyse temporelle des données

Les données ont été collectées à des périodes différentes. Trois grandes périodes ont été retenues : OCLALAV, SPV puis CNLCP. Nous estimons que la qualité et le niveau de formation des prospecteur est équivalent pour ces 3 périodes.

Ensuite, afin d'avoir une vision de l'évolution temporelle de la dynamique des populations, il convient de regrouper les données sur un pas de temps cohérent pour le cycle de l'insecte. Or il met entre 2 et 6 mois pour effectuer une reproduction (Duranton & Lecoq, 1990). L'expérience des analyses de Mauritanie nous a fait choisir un pas de temps trimestriel (Babah Ebbe, 2008). Finalement il a fallu revenir à un pas de temps mensuel pour ensuite les regrouper selon deux reproductions du Criquet pèlerin au Mali.

Enfin chaque relevé a été classé en fonction de la situation acridienne globale dans laquelle il a été effectué. Une situation acridienne a été définie pour chaque trimestre en fonction d'un tableau déjà établi en Mauritanie (Babah Ebbe, 2008). Il a fallu compléter pour les années 1970 à 1985 (non disponibles en Mauritanie) en utilisant 4 critères : présence de grégaires, de *transiens*, de bandes larvaires et d'essaims. Finalement les quatre types de situation acridienne sont :

- **Rémission** : Période durant laquelle les populations se maintiennent très majoritairement en phase solitaire ou faiblement *transiens*, dans les limites de l'aire grégarigène.
- **Résurgence** : Situation critique au cours de laquelle d'importantes populations acridiennes solitaires se transforment en populations *transiens*. Cette période se caractérise par de nombreuses pullulations.
- **Invasion** : Période pendant laquelle les populations sont très majoritairement en phase grégaire et colonisent tout ou partie de l'aire d'invasion.
- **Déclin** : elle fait suite à une période d'invasion généralisée. Le niveau de l'ensemble des densités baisse et les grégaires disparaissent au profit des *transiens* et des solitaires.

2.4.3. Analyse en fonction des phases et de la phénologie

L'analyse de la biogéographie du Criquet pèlerin a été effectuée à l'échelle du Mali pour les deux stades phénologiques principaux (larves et imagos) et pour les trois phases (solitaires, *transiens*, et grégaire). Les occurrences acridiennes de ces 3 phases et ces 2 stades phénologiques ont été cartographiées sur l'ensemble de la durée (1966 à 2008) puis selon les différents pas de temps spatiaux et temporels.

Les occurrences de larves ont été utilisées pour délimiter les zones de reproduction. Les occurrences des imagos ont-elles été utilisées pour déterminer les zones de dispersion maximale. L'enveloppe des foyers de grégarisation a été obtenue en cartographiant la présence des solitaro-*transiens* (présence simultanée sur le même relevé de solitaire et de *transiens*).

2.5. LE SIG UTILE À LA CARACTÉRISATION ÉCOLOGIQUE DES ACRIDO-RÉGIONS

Un système d'information géographique (SIG) a été construit pour l'analyse cartographique des données. Les données étant d'origine assez diverses, la projection choisie est WGS1984 Monde. Les couches utilisées sont les suivantes :

- Polygone des quarts de degré carré,
- Limite des frontières du Mali,
- Points des localités (capitales régionales),
- Fleuve Niger (partie Nord Ouest),
- Couche de géologie du Mali (source ?, année),
- Couche des sols du Mali (source, date ?),
- Couche des régions naturelles (scan des UTEH) dressée par Popov *et al.*, 1991,
- Courbes de niveaux à 50 m (source, date ?),
- Données acridiennes issues de notre base Access.

Pour réaliser chaque carte de distribution des états phasaires et de la phénologie, une carte à l'échelle du Mali a été dressée en rassemblant chaque modalité selon un Bloc de Couche sous ArcGIS. Ceci a permis de faire des sorties cartographiques sur une seule page.

L'exportation des cartes s'est faite en passant par le format PDF.

Enfin pour caractériser les acrido-régions, les critères suivants ont été retenus :

- Zone de dispersion des grégaires,
- Zone de 1^{ère} reproduction des grégaires,
- Aire de dispersion des solitaires,
- Zone de 1^{ère} reproduction des solitaires,
- Zone de 2^{ème} reproduction des solitaires,
- Zones de grégarisation.

3. RÉSULTATS

3.1. DONNÉES DE LA MÉTÉOROLOGIE AU MALI

Les analyses fréquentielles des 10 stations pluviométriques du Nord du Mali sont présentées ici (tableau 2 à 11). Les plages en grisé représentent la fréquence maximale mensuelle.

Suivant ces tableaux les stations étudiées sont situées dans une zone sèche avec une pluviométrie mensuelle la plupart du temps inférieure à 150mm. Cette zone se caractérise par des pluies de faibles quantités entre 26 et 50mm d'eau par an.

Les fréquences les plus importantes sont comprises entre 0 et 1mm d'eau par mois. Le mois le plus humide est août avec une pluviométrie de 50 mm d'eau à Kidal. Ansongo, Diré et Ménaka constituent les stations les plus humides dans la plage 101 à 150. Cette situation est du certainement à leur position géographique méridionale dans le Gourma de Gao.

La station la plus sèche est celle de Tessalit situé au nord-est du pays à la frontière avec l'Algérie, où il est très rare d'observer des pluies en dehors des 3 mois de juillet à septembre.

Tableau 2 : Ansongo, fréquence mensuelle des précipitations.

Période d'observation : 44 ans (1960-2004)

Classes	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Manquant	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3	2	3
0 mm	40	37	29	27	10	1	0	0	0	12	37	35
1-5 mm	0	3	10	8	5	1	0	0	1	11	1	2
6-10 mm	0	0	0	1	12	6	0	0	1	5	0	0
11-15 mm	0	0	1	2	4	7	0	1	1	1	0	0
16-25 mm	0	0	0	2	5	12	0	3	8	6	0	0
26-50 mm	0	0	0	0	4	9	10	2	17	2	0	0
51-75 mm	0	0	0	0	0	1	13	12	6	0	0	0
76-100 mm	0	0	0	0	0	2	8	6	2	0	0	0
101-150 mm	0	0	0	0	0	0	8	12	0	0	0	0
> 150 mm	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0

Tableau 3 : Bourem, fréquence mensuelle des précipitations.

Période d'observation : 43 ans (1960-2003)

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
Manquant	2	2	2	2	2	0	1	1	1	2	2	2
0	30	28	28	28	19	3	0	0	3	18	29	29
1-5	0	2	2	0	1	5	0	0	2	5	1	1
6-10	0	0	0	2	5	3	2	0	5	3	0	0
11-15	0	0	0	0	1	6	2	1	4	3	0	0
16-25	0	0	0	0	2	8	4	1	6	1	0	0
26-50	0	0	0	0	1	7	14	13	10	0	0	0
51-75	0	0	0	0	1	0	8	8	1	0	0	0
76-100	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0
101-150	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
> 150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 4 : Diré, fréquence mensuelle des précipitations.

Période d'observation : 47 ans (1960-2007)

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
Manquant	1	1	1	1	3	2	2	1	0	1	1	1
0	40	41	39	33	17	5	0	0	1	20	42	41
1-5	2	1	3	6	11	6	0	0	0	9	1	1
6-10	1	0	1	3	6	8	1	0	3	6	0	1
11-15	0	1	0	0	0	4	1	0	4	3	0	0
16-25	0	0	0	1	4	8	3	4	13	4	0	0
26-50	0	0	0	0	2	9	15	7	15	1	0	0
51-75	0	0	0	0	1	2	11	10	5	0	0	0
76-100	0	0	0	0	0	0	8	9	1	0	0	0
101-150	0	0	0	0	0	0	3	12	2	0	0	0
> 150	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Tableau 5 : Gao, fréquence mensuelle des précipitations.

Période d'observation : 47 ans (1960-2007)

	Jav	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
Manquant	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1
0	45	45	41	36	11	1	0	0	1	22	45	43
1-5	2	2	6	8	20	6	0	0	4	13	0	3
6-10	0	0	0	1	6	7	0	1	2	5	0	0
11-15	0	0	0	0	4	12	0	2	7	1	0	0
16-25	0	0	0	0	1	8	4	3	10	3	0	0
26-50	0	0	0	1	4	8	13	8	14	2	0	0
51-75	0	0	0	1	0	4	20	14	6	0	0	0
76-100	0	0	0	0	1	1	6	10	1	0	0	0
101-150	0	0	0	0	0	0	4	8	1	0	0	0
> 150	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Tableau 6 : Goundam, fréquence mensuelle des précipitations.

Période d'observation : 43 ans (1960-2003)

	Jav	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
Manquant	1	1	1	1	1	3	1	2	2	2	2	2
0	40	40	41	37	20	5	0	0	2	23	39	39
1-5	1	1	1	3	10	9	1	0	1	5	2	1
6-10	0	1	0	0	6	7	0	1	1	5	0	1
11-15	0	0	0	1	1	5	3	0	6	2	0	0
16-25	0	0	0	1	3	6	4	5	8	2	0	0
26-50	1	0	0	0	2	8	17	12	15	3	0	0
51-75	0	0	0	0	0	0	9	3	6	1	0	0
76-100	0	0	0	0	0	0	5	11	2	0	0	0
101-150	0	0	0	0	0	0	2	7	0	0	0	0
> 150	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0

Tableau 7 : Gourma Rharous, fréquence mensuelle des précipitations.

Période d'observation : 31 ans (1960-1991)

[illegible]

Tableau 8 : Kidal, fréquence mensuelle des précipitations.

Période d'observation : 47 ans (1960-2007)

[illegible]

Tableau 9 : Ménaka, fréquence mensuelle des précipitations.

Période d'observation : 47 ans (1960-2007).

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
Manquant	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	3
0	45	44	41	37	13	1	0	0	1	24	45	41
1-5	1	2	4	6	12	7	0	0	4	14	1	3
6-10	0	0	1	2	14	11	1	0	3	3	0	0
11-15	0	0	0	1	2	2	0	0	3	1	0	0
16-25	0	0	0	0	2	7	4	2	10	2	0	0
26-50	0	0	0	0	2	10	13	8	15	1	0	0
51-75	0	0	0	0	0	7	8	7	7	1	0	0
76-100	0	0	0	0	0	0	8	12	2	0	0	0
101-150	0	0	0	0	0	0	11	12	0	0	0	0
> 150	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0

Tableau 10 : Tessalit, fréquence mensuelle des précipitations.

Période d'observation : 47 ans (1960-2007).

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	jui	juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
Manquant	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	2
0	38	44	40	40	31	14	1	0	5	34	42	40
1-5	6	3	6	5	10	15	10	5	14	10	4	4
6-10	1	0	0	0	2	7	6	3	6	1	0	0
11-15	0	0	0	0	1	4	3	5	6	0	0	1
16-25	1	0	1	1	0	3	12	8	9	1	0	0
26-50	0	0	0	0	2	2	12	17	4	0	0	0
51-75	0	0	0	0	1	1	3	4	2	0	0	0
76-100	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
101-150	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
> 150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 11 : Tombouctou, fréquence moyenne des précipitations.

Période d'observation : 47 ans (1960-2007).

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
Manquant	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2
0	40	44	44	35	21	3	0	0	1	22	44	39
1-5	5	3	3	9	15	10	0	0	6	16	2	6
6-10	1	0	0	1	6	8	0	2	3	4	0	1
11-15	0	0	0	1	3	6	3	0	4	1	0	0
16-25	0	0	0	1	0	9	6	6	11	1	0	0
26-50	1	0	0	0	2	8	20	9	16	3	0	0
51-75	0	0	0	0	0	2	9	15	5	0	0	0
76-100	0	0	0	0	0	0	5	7	1	0	0	0
101-150	0	0	0	0	0	0	3	7	0	0	0	0
> 150	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

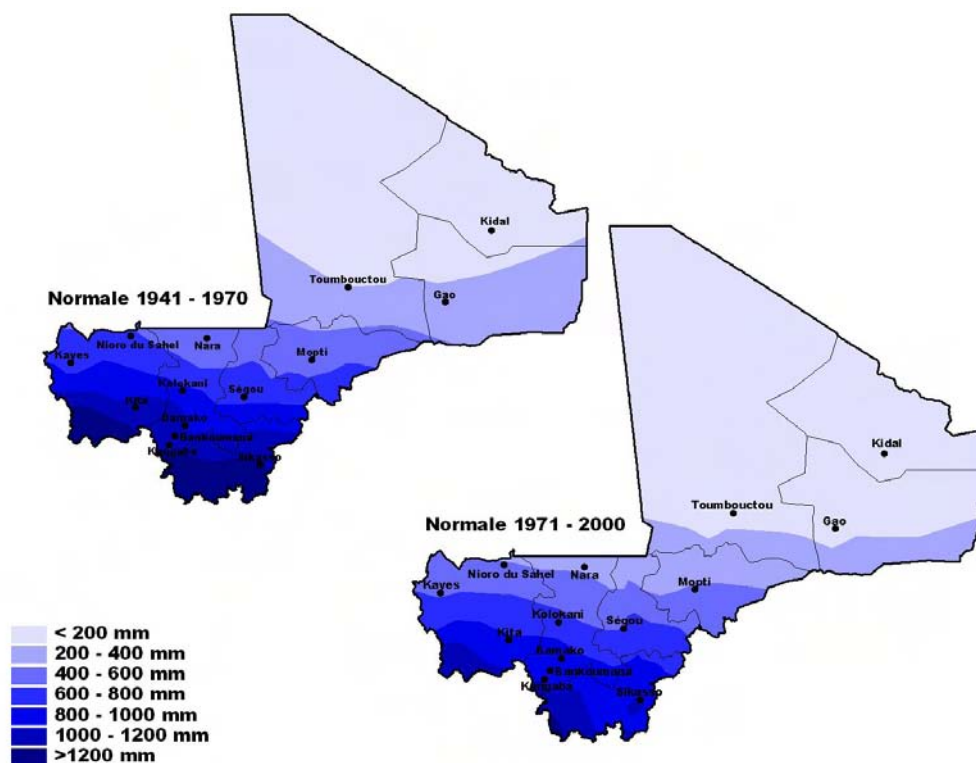


Figure 9 : Normale pluviométrique au Mali de 1941 à 1970 et de 1971 à 2000.

Source : Direction Nationale de Météorologie du Mali.

Une analyse réalisée par la météorologie nationale montre un net repli des isohyètes vers le Sud (figure 9). L'isohyète supérieure 1200 mm a presque disparu du territoire malien. La zone à pluviométrie inférieure à 200 mm s'est accrue énormément entre les deux normales saisonnières : de 1941 – 1970 et de 1971 - 2000. Il y a une tendance nette de la baisse de la pluviométrie dans le septentrion malien ce qui doit certainement avoir un effet sur la répartition régionale du Criquet pèlerin.

3.2. LES RÉGIONS NATURELLES

Les différentes régions naturelles utilisées dans notre étude résultent du découpage de Duranton & Launois (1982) qui ont déterminé 2 zones dans le Timétrine, 3 zones dans l'Adrar des Iforas, une zone dans le Tamesna, 5 zones dans la vallée du Tilemsi et 3 zones à Agala. Pour notre étude, nous avons redéfini ce découpage : une zone pour le Timétrine, Trois pour le Tilemsi : le haut, le bas et le centre, une zone pour l'Adrar des Iforas, une pour le Tamesna et une pour Agala (voir figure 10). Au final huit zones ont été retenues.

3.2.1. Adrar des Iforas

Le Centre Adrar, le Versant Est et Ouest, constituent le même ensemble des chaînes de montagnes, d'escarpements et des plateaux de l'Adrar des Iforas. Ce massif montagneux est caractérisé par une altitude élevée (environ 900 m) où les températures sont plus basses. Les eaux d'écoulement sont drainées à travers des failles et forment plus loin des oueds collecteurs des eaux des versants vers les basses altitudes dont la Vallée du Tilemsi (ouest) et le Tamesna (est). Le couvert végétal se forme à partir de ces zones d'écoulement et de rétention temporaire d'eau (oueds, vallées). Les biotopes présents sont composés de pérennes : *Acacia* sp. *Calotropis*

sp., *Panicum turgidum*, *Balanites aegyptiaca*, *Maerua crassifolia*; et de plantes annuelles dont les principales sont *Schouwia purpurea*, *Tribulus terrestris*, *Fagonia olivieri*, *Heliotropium bacciferum*, *Pluricaria* sp., *Cenchrus biflorus*, *Stipagrostis plumosa*, *Panicum laetum*, *Indigofera* sp., *Portulaca* sp., *Boerhavia repens*, *Cassia italica*, *Gisekia* sp., *Sorghum vulgare* et *Eragrostis* sp. Cet ensemble rocheux offre des températures diurnes et une évapotranspiration hostiles à la croissance ou au développement phénologique des plantes. Ce qui entraîne un port rabougri des ligneux et pérennes et limite le développement dans le temps des annuelles. L'évapotranspiration est également élevée cependant les nuits sont fraîches. Les sols sont peu profonds à texture sablo-gravillonnaire, sablonneuse et limono-sablonneuse dans les oueds.

3.2.2. Le Timétrine

Le Timétrine est une vaste zone désertique de moyenne altitude à régime hydrique très contrasté et où l'altimétrie est relativement homogène. Le Timétrine est situé entre le 19^{ème} et le 20^{ème} parallèle Nord ; 00° à 01°W. Il se trouve à l'extrême sud du cercle administratif de Tessalit et se caractérise par un climat de type aride, composé de plaines désertiques sablonneuses et caillouteuses formées par la déflation sédimentaire des roches (regs) et de dunes fixes et de cuvettes. Sa végétation peu variable est rabougrie, elle se localise dans les cuvettes, les inters-dunes et quelques rares oueds formant son système hydrographique.

Les pluies sont généralement faibles et erratiques. Sa végétation se compose de plantes pérennes : *Acacia* sp., *Calotropis procera*, *Salvadora persica*, *Panicum turgidum*, *Balanites aegyptiaca*, *Maerua crassifolia* et de plantes annuelles comme : *Schouwia purpurea*, *Tribulus terrestris*, *Boerhavia* sp., *Farsetia occidentalis*, *Heliotropium bacciferum*, *Indigofera* sp., *Cenchrus biflorus*, *Aristida* sp., *Cyperus* sp. et quelques graminées plus ou moins importantes du sud vers le nord. Certaines espèces sont plus dominantes que d'autres eu égard à la nature du sol, à l'aptitude à la sécheresse et la qualité des dépôts alluvionnaires. Les zones de prospection du Timétrine s'étendent dans Elloul à l'ouest et le Taounnant au nord.

3.2.3. Tilemsi (centre, haut et bas)

La Vallée (ou le fossé) du Tilemsi est une vaste zone de collecte des eaux située à l'ouest de l'Adrar des Iforas. Le réseau d'oueds, tout d'abord dirigé du nord-est vers le sud-ouest, s'oriente ensuite franchement vers le Sud avant de rejoindre le fleuve Niger au niveau de Gao. Ces cours d'eau temporaires sont entrecoupés d'étendues de plaines sablonneuses où la vie est le plus souvent hostile voire inhospitalière. Dans ces sables, les inters-dunes et les cuvettes constituent les seules sources d'approvisionnement en eau en période estivale. La végétation est rétrécie dans les cuvettes et dans les inters-dunes. En saison pluvieuse, des pluies erratiques peuvent occasionner par endroit des taches de verdure dans lesquelles le Criquet se reproduit. Le couvert herbacé est essentiellement composé de *Schouwia purpurea*, *Tribulus terrestris*, *Fagonia olivieri*, *Heliotropium bacciferum*, *Boerhavia repens*, *Stipagrostis plumosa*, *Cypéracées* sp. et le peuplement arboré ou pérenne d'*Acacia* sp. *Calotropis* sp., *Panicum turgidum*, *Leptadenia pyrotechnica*, *Chrozophora brochiana*. Il se caractérise surtout par la rareté et le rabougrissement des espèces végétales.

3.2.4. Tin-Missao

Le Tin-Missao est un plateau gréseux (tassili) géomorphologiquement rattaché à l'ensemble du massif du Hoggar (Algérie). Les sables et les roches s'entremêlent sur une sorte de plan incliné orienté vers le nord-ouest. C'est une zone homogène et assez imperméable, ce qui entraîne la formation d'un réseau hydrographique de surface assez dense et bien structuré. Les eaux sont drainées vers une zone d'épandage orienté sud-ouest nord-est, placée à la limite nord-ouest de la région. Cette région écologiquement très homogène est dépendante des pluies

locales qui tombent sur le bassin de réception. Le Criquet pèlerin ne trouve des conditions de développement favorables qu'à la suite de fortes pluies concernant des surfaces importantes, ce qui est assez exceptionnel à cette latitude.

3.2.5. Tamesna

Le Tamesna est une vaste plaine désertique à cheval entre le Mali et le Niger. Vaste étendue de sables, elle est peu arrosée mais concernée temporairement par les eaux d'écoulement du versant est de l'Adrar des Iforas (Mali) et du versant ouest de l'Aïr (Niger). Un chevelu d'oueds fossiles est encore lisible dans le paysage dont l'ancien exutoire était la vallée de l'Azaouak.

Cette plaine au relief peu marqué correspond au bassin versant fossile de l'Azaouak, le Tamesna est caractérisé par un endoréisme discriminant. On distingue :

- à l'ouest, un réseau hydrographique confus et désorganisé, entraînant un éparpillement des zones d'épandage liées à un ensablement important.
- A l'est, un réseau hydrographique plus cohérent concentrant les eaux dans la partie centrale avec un blocage en amont du seuil de l'Iguidi limitant le passage des eaux dans la vallée de l'Azaouak.

Si les épandages sont importants, il offre alors des potentialités écologiques favorables au développement du Criquet pèlerin. Les biotopes s'avèrent immenses entre 17^{ème} et 18^{ème} parallèle Nord dans les plaines et oueds fossilisés par endroit. Le sol est généralement sablonneux, sablo-gravillonneux et sablo-alluvionnaire dans les oueds. Une zone tampon entre le Niger, le Mali et l'Algérie connaît par endroit des remontées capillaires où il y a des facultés de rétention hydrique occasionnant le maintien et la survie voir la reproduction du Criquet pèlerin dans la période hivernale (octobre à mi-janvier). La végétation est moyennement dense à clairsemée et se compose de: *Schouwia purpurea*, *Tribulus terrestris*, *Fagonia olivieri*, *Heliotropium bacciferum*, *Boerhavia repens*, *Stipagrostis plumosa*, *Farsetia occidentalis*, *Gizekia* sp., *Portulaca* sp., *Colocynthis vulgaris*, *Cassia* sp, *Cypéracae* spp. et de certaines espèces de plantes vivaces et pérennes : *Panicum turgidum*, *Acacia ehrenbergiana*, *Acacia* sp. *Chrosophora brochiana*, *Leptadenia heterofila*. Le tapis est dominé par des espèces appréciées par le Criquet pèlerin dont la couverture diminue globalement du sud vers le nord désertique, mais reste très liée à la redistribution régionale et locale des eaux.

3.2.6. Agala Nord

Cette région située au Sud du Tamesna est une vaste zone de concentration des eaux collectées par les oueds Ibdeken, Erachet, et Edjerir nord et sud, auxquelles il faut ajouter les apports édaphiques en provenance du secteur nord (Tamesna). Cette zone d'épandage est soumise à un régime tropotrophe qui agit sur l'évolution des sols. On observe l'apparition de groupements végétaux particuliers constituant des biotopes peu favorables au Criquet pèlerin.

3.2.7. Azaouad

Cette région s'étant de la région de Tombouctou vers la frontière Mauritanienne. Elle est limitée au sud par le fleuve Niger et à l'est par le relief du Timétrine. Son altitude est comprise entre 200m et 400m. Elle est caractérisée par une étendue de sable avec un réseau de cours d'eau plus ou moins important. Elle ne fait pas souvent l'objet de prospection intense car les biotopes favorables au Criquet pèlerin sont rares (les équipes restent généralement dans la région administrative de Kidal). Le lac Faguibine situé au Nord du Delta central du fleuve Niger, constitue la principale source d'approvisionnement en eau de la zone. En période de fortes crues, les eaux peuvent se répandre sur plus de 80 km.

3.3. DONNÉES ACRIDIENNES

3.3.1. Description des données

3.3.1.1. Les relevés acridiens par année

Sur l'ensemble de la période étudiée, l'évaluation de la situation acridienne met en évidence une différence nette entre les années d'invasion et les années de rémission.

Les années d'invasion se caractérisent par un nombre important de relevés et de signalisation du Criquet pèlerin (1968, 1970, 1977, 1988, 1996 et 2004) Toutefois, le nombre important de relevés est constaté souvent en période de fin d'invasion/déclin. Les périodes de rémission sont caractérisées par un nombre de relevés très faible (1972, 1973, 1981, 1982, 1990, 2002, etc.).

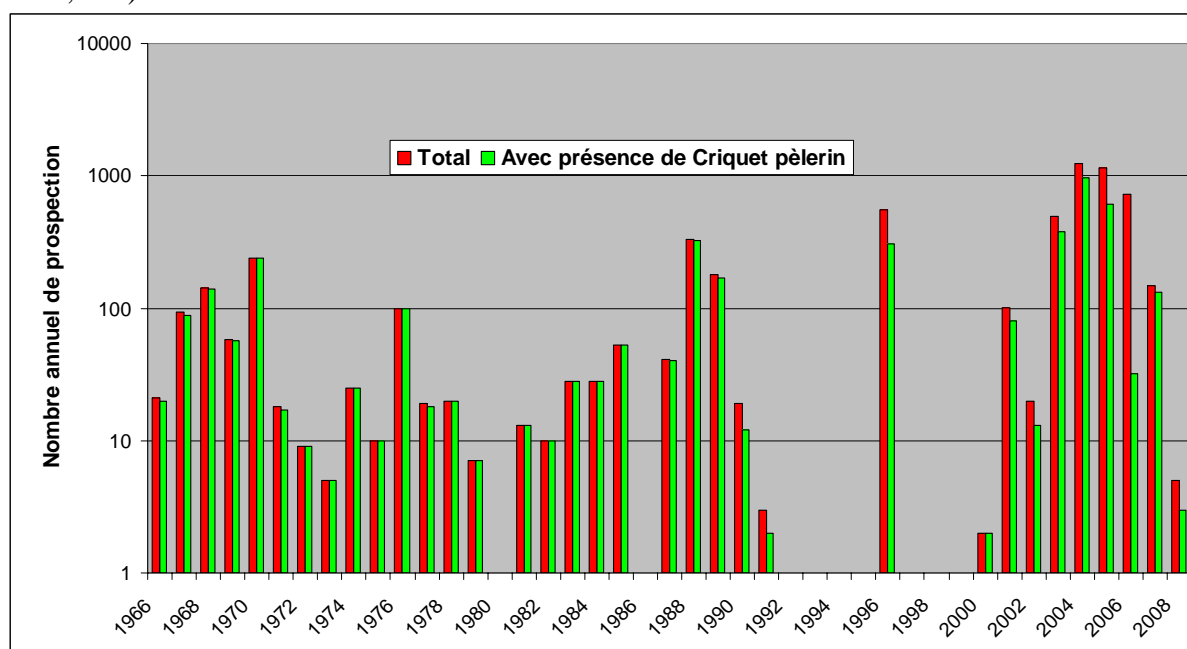


Figure 11 : Occurrence des relevés acridiens de 1966 à 2008.

Tableau 12 : Fréquence des signalisations et des stades phénologiques.

Situation	Nombre de relevés	LS	LT	LST	LG	AS	AT	AG	S	T	G	Total
Rémission	1381	49	30	55	4	257	63	9	267	80	12	407
Résurgence	372	88	61	94	8	225	128	6	243	146	10	304
Invasion	2396	400	470	527	259	1158	879	479	1291	1079	661	2066
Déclin	1592	40	25	53	50	482	177	57	503	198	101	1039

Les données acridiennes de l'OCLALAV, période de 1966-1987 représentent 1 304 enregistrements. La période de disparition de cette structure (1987 à 2002) représente 964 enregistrements. Enfin depuis le démarrage des activités, l'unité de lutte contre le Criquet pèlerin (2003 à 2008) a collecté 3 813 enregistrements. Notre base de données prend en compte l'ensemble des informations de 1966 à l'année 2008 soit un total de 5 909 enregistrements associés à 148 variables.

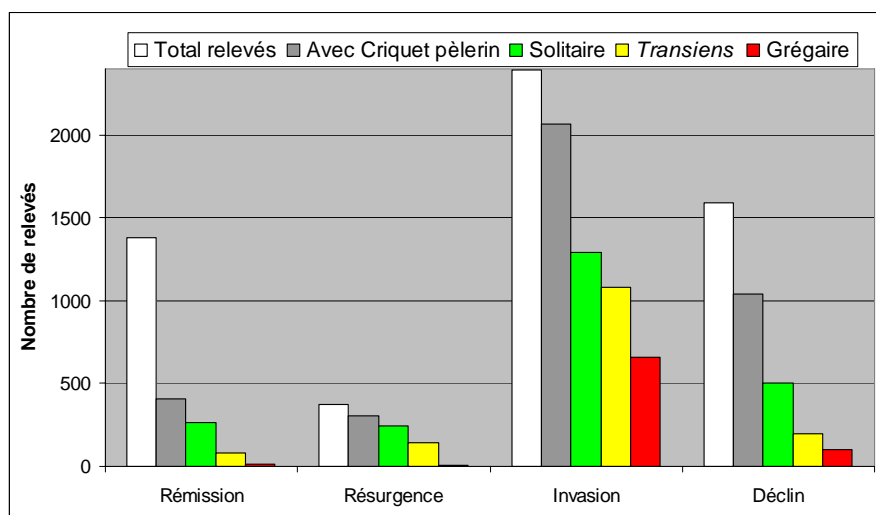


Figure 12 : Évolution du nombre de signalisations et des états phasaires en fonction des situations acridiennes.

3.3.1.2. Les relevés acridiens mensuels

Il ressort de l'histogramme ci-dessous une importante activité de prospection au mois d'août. On observe la présence permanente des solitaires pendant toute l'année. Le pic de présence des solitaires est en octobre. De façon générale, la période estivale, qui correspond à la saison des pluies (juin à novembre), est le moment de pullulation du Criquet pèlerin solitaire.

Les grégaires sont aussi présents pendant une bonne partie de l'année de juillet à décembre. On les rencontre surtout en grand nombre à partir d'août et le pic se situe en octobre.

Les *transiens* suivent aussi cette évolution étant donné qu'ils constituent la suite logique des grégaires si les conditions deviennent favorables.

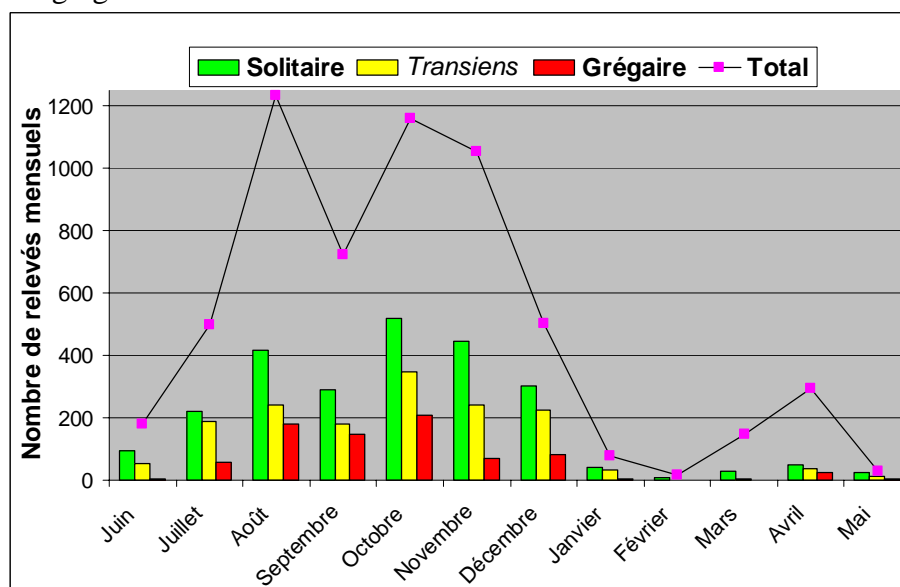


Figure 13 : Occurrence mensuelle des relevés et fréquence des signalisations des états phasaires.

3.3.2. Analyse fréquentielle géo-référencée

3.3.2.1. LA RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES RELEVÉS

La figure 16 montre la présence acridienne toutes structures de population confondues. Il apparaît que le Criquet pèlerin présente une probabilité de rencontre variable d'un quart de degré carré à l'autre.

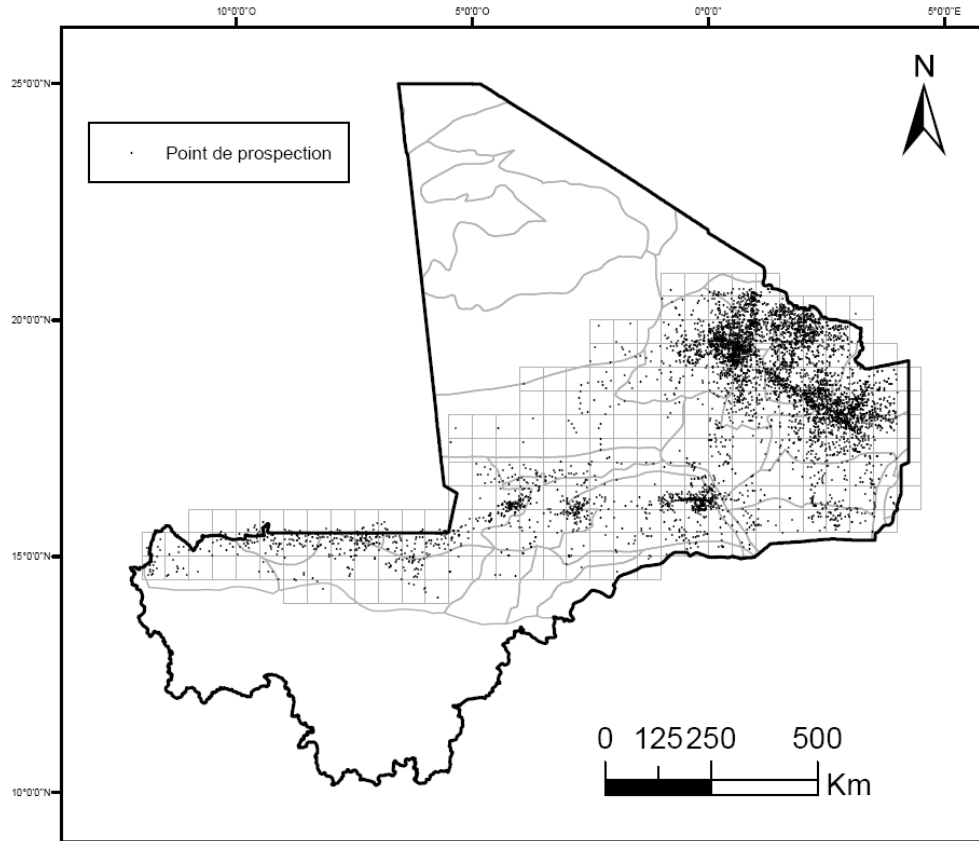


Figure 14 : Répartition des 5 909 prospections, de 1966 à 2008.

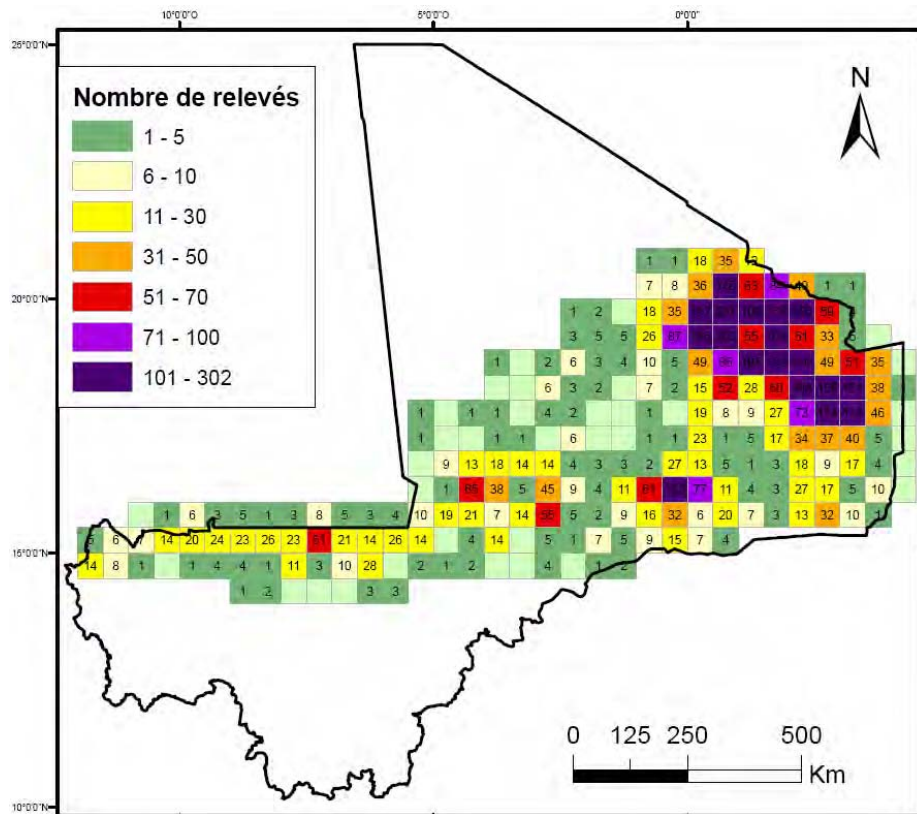


Figure 15 : Carte de distribution des relevés.

Les zones à haute fréquence de relevés sont signalées en violet foncé.

3.3.2.2. RELEVÉS AVEC PRÉSENCE DE CRIQUET PÈLERIN

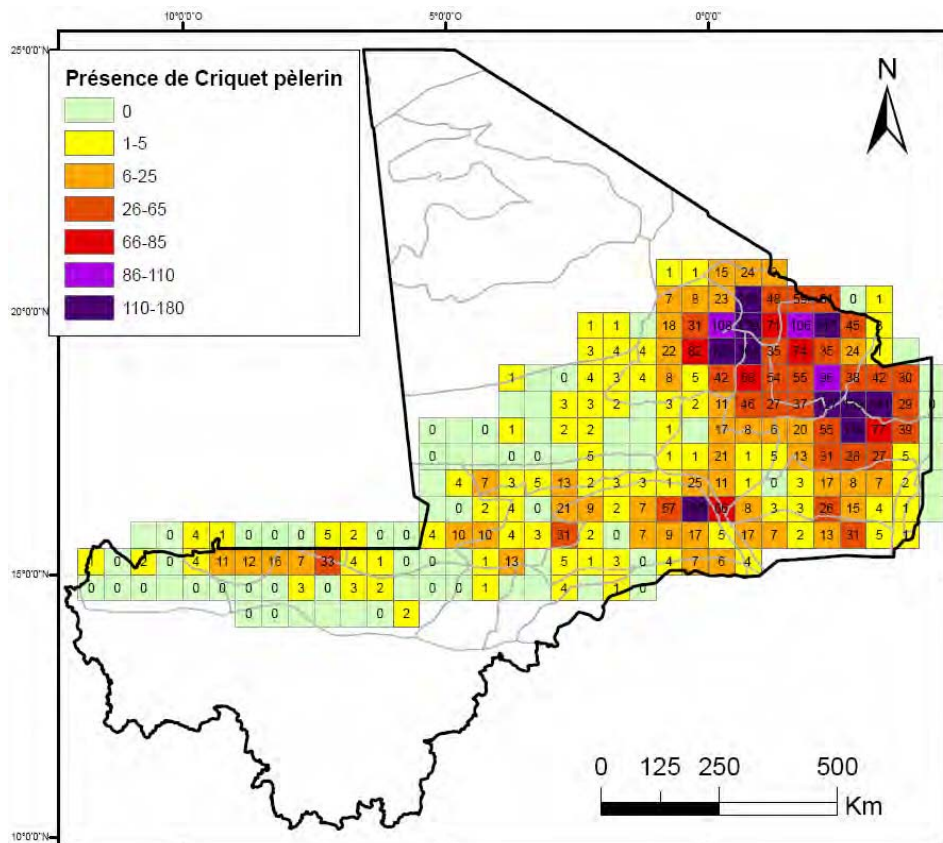


Figure 16 : Carte de distribution géographique de Criquet pèlerin.

Les figures 15 et 16 montrent la répartition spatiale des relevés et de présence de Criquet pèlerin durant l'ensemble de l'étude 1966-2008. Tout le pays est couvert, du 14^{ème} au 21^{ème} parallèle. La partie sud du pays, soudanienne, est considérée comme une zone hostile au Criquet pèlerin. Elle est dominée par des végétaux très denses et une pluviométrie supérieure à 1 000mm par an.

L'extrême nord du pays ne présente pas d'information. Cela résulte de l'inaccessibilité du milieu et la concentration des prospections dans la zone de Kidal, au nord-est. Le Timétrine présente le degré carré avec le plus grand nombre d'occurrences, soit 302. Cinq zones de hautes fréquences correspondant aux localités de prospection se dessinent : Timétrine, Adrar des Iforas, vallée du Tilemsi, Tamesna et Gourma de Gao.

Une forte présence de Criquets pèlerins est signalée entre les 15^{ème} et 16^{ème} parallèles. Cette situation est due aux invasions qui, une fois déclenchées dans le nord, évoluent vers la zone du Gourma.

3.3.3. Analyse cartographique en fonction des phases et de la phénologie

Pour cette analyse, 6 cartes ont été établies pour toutes les occurrences acridiennes, réparties par phase et stade phonologique, sur l'ensemble des années 1966-2008.

La méthode a ensuite été appliquée sur un pas de temps mensuel et trimestriel, une maille d'un quart de degré carré, en distinguant les trois états phasaires (solitaires, *transiens*, grégaires et les deux stades phénologiques (larve et imago) et en tenant compte des diverses périodes (rémission, résurgence, invasion et déclin).

3.3.4. Analyse factorielle des correspondances : identification des acrido-régions

Les degrés carrés sont regroupés suivant le même comportement acridien, afin de délimiter des régions cohérentes.

3.3.5. Occurrence des états phasaires et phénologiques

Au total, 5 909 enregistrements ont été relevés du 14^{ème} au 21^{ème} parallèle. L'essentiel est compris dans la zone du Timétrine, l'Adrar des Iforas et du Tamesna. Un autre front, aussi important, se situe dans le Gourma de Gao. Cette situation reflète la stratégie globale de prospection mise en œuvre depuis des décennies, centrée dans la région Kidal. L'extrême nord du pays n'a jamais été prospecté et ne présente donc pas d'information.

3.3.6. Occurrence des solitaires

Les solitaires sont repartis en majorité dans la partie nord-est du pays, avec quelques présences au nord-ouest (figure 18). La vallée du Tilemsi, qui renferme le plus grand nombre de relevés, présente une importante signalisation de solitaires sur l'ensemble de la période. Elle est suivie du Tamesna et du Gourma de Gao.

3.3.7. Occurrence des larves solitaires

Les larves solitaires ont été signalées sur l'ensemble de la zone comprise entre les 14^{ème} et 21^{ème} parallèles (figure 17). Deux zones au nord du pays présentent un nombre important de relevés. Il s'agit de l'Adrar des Iforas et du Tamesna. Les larves solitaires sont réparties dans les régions de Kidal et de Gao (Gourma), situées au nord du 15^{ème} parallèle. Le nord-ouest est presque vide de larves solitaires. Toutefois, quelques individus sont rencontrés çà et là. Cette situation est due certainement aux situations acridiennes pendant les périodes d'invasion.

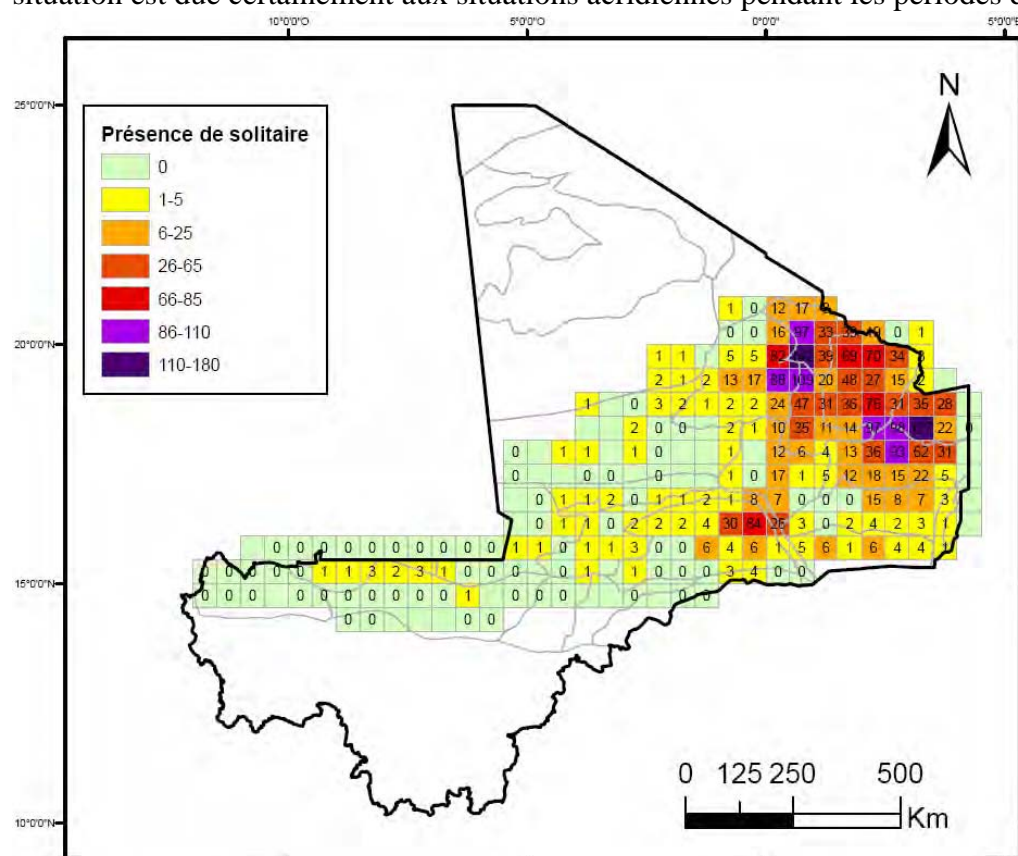


Figure 17 : Carte de distribution du Criquet pèlerin solitaire.

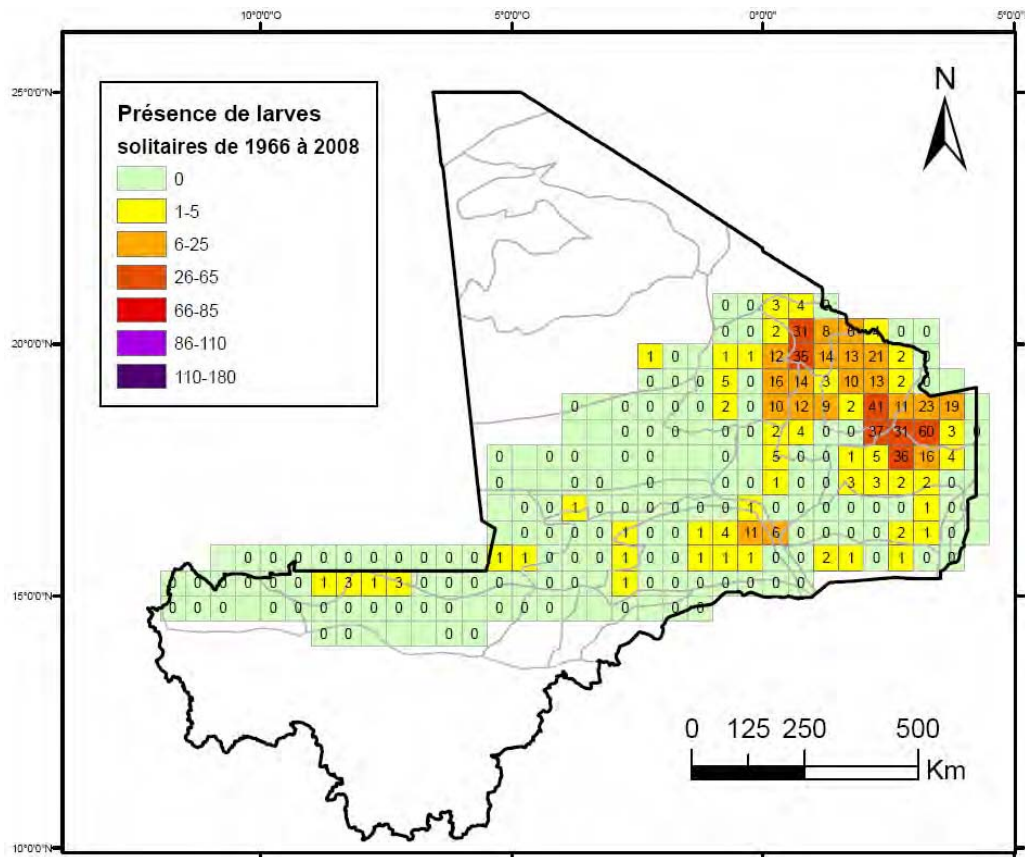


Figure 18 : Carte de distribution des larves de Criquet pèlerin solitaire.

3.3.8. Occurrence des *transiens*

Les *transiens* sont répartis dans tout le nord-est, dans la région de Kidal (figure 19). D'une manière générale, des criquets solitaires ont été signalés sur l'ensemble de l'aire de répartition. Cette carte prend en compte des périodes de rémission au déclin en passant par l'invasion. La vallée du Tilemsi compte le plus grand nombre de relevés (101). Elle est suivie du Tamesna (97) et du Gourma de Gao (54).

3.3.9. Occurrence des larves *transiens*

Les relevés de larves *transiens* sont davantage au nord-est du pays (figure 20). La zone de l'Adrar des Iforas et le Tamesna constituent les points de convergence des relevés. Une zone dans le Gourma à Gao présente un nombre important de relevés.

3.3.10. Occurrence des grégaires

Les grégaires sont signalés sur l'ensemble du territoire national entre les 14^{ème} et 21^{ème} parallèles (figure 21). Ils ont une répartition large, du nord-est au nord-ouest du pays. Cela est le résultat de l'ensemble des différentes invasions qui se sont déroulées au Mali.

3.3.11. Occurrence des larves grégaires

Les larves grégaires sont largement réparties sur l'ensemble du territoire (figure 22). Le plus grand nombre de relevés se situe dans le Gourma de Gao (1975b). Les deux zones habituelles, vallée du Tilemsi et Adrar des Iforas, viennent en second plan. Deux autres zones, à Tombouctou au niveau du Lac Faguibine et à Kayes dans le cercle de Nara, présentent des situations non moins importantes.

3.4. CARTES D'OCCURRENCE MENSUELLE

Les cartes mensuelles sur la période 1966-2008 ont été produites et analysées en fonction des trois états phasaires (solitaire, *transiens* et grégaire) et de deux stades phénologiques (larves et ailés), soit 72 cartes. Ce travail a permis de mettre en évidence les principales tendances de la dynamique spatio-temporelle des différents stades phénologiques, suivant un pas de temps annuel, trimestriel et mensuel.

Pour mieux apprécier la dynamique spatio-temporelle du Criquet pèlerin dans son habitat au Mali, une analyse selon un pas de temps mensuel a été réalisée. Cette analyse permettra de mieux comprendre l'évolution de l'insecte en fonction des campagnes et des situations acridiennes.

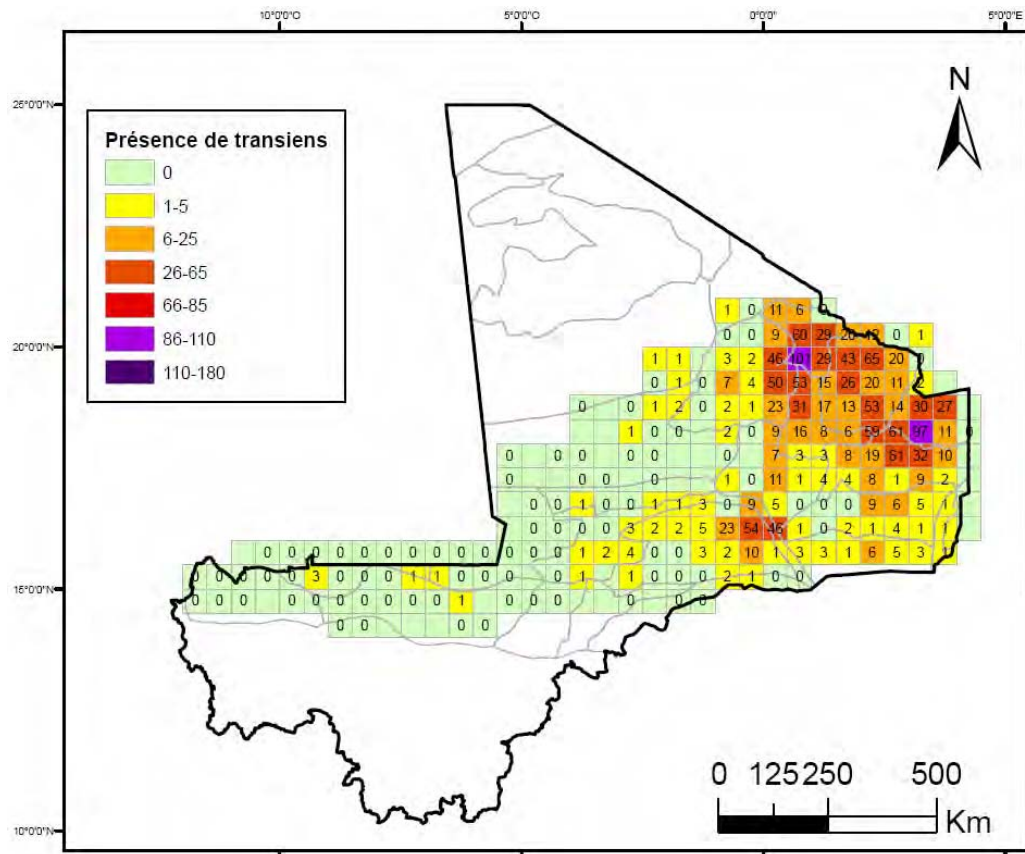


Figure 19 : Carte de distribution du Cricet pèlerin *transiens*.

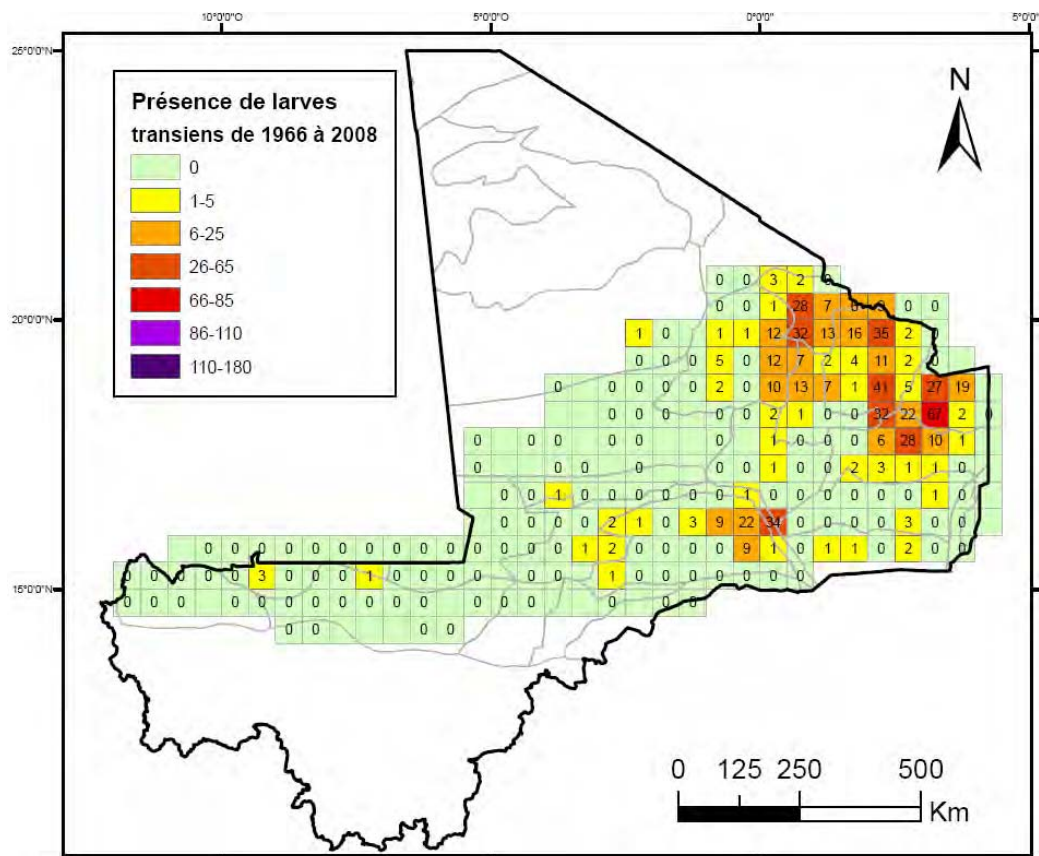


Figure 20 : Carte de distribution des larves de Cricet pèlerin *transiens*.

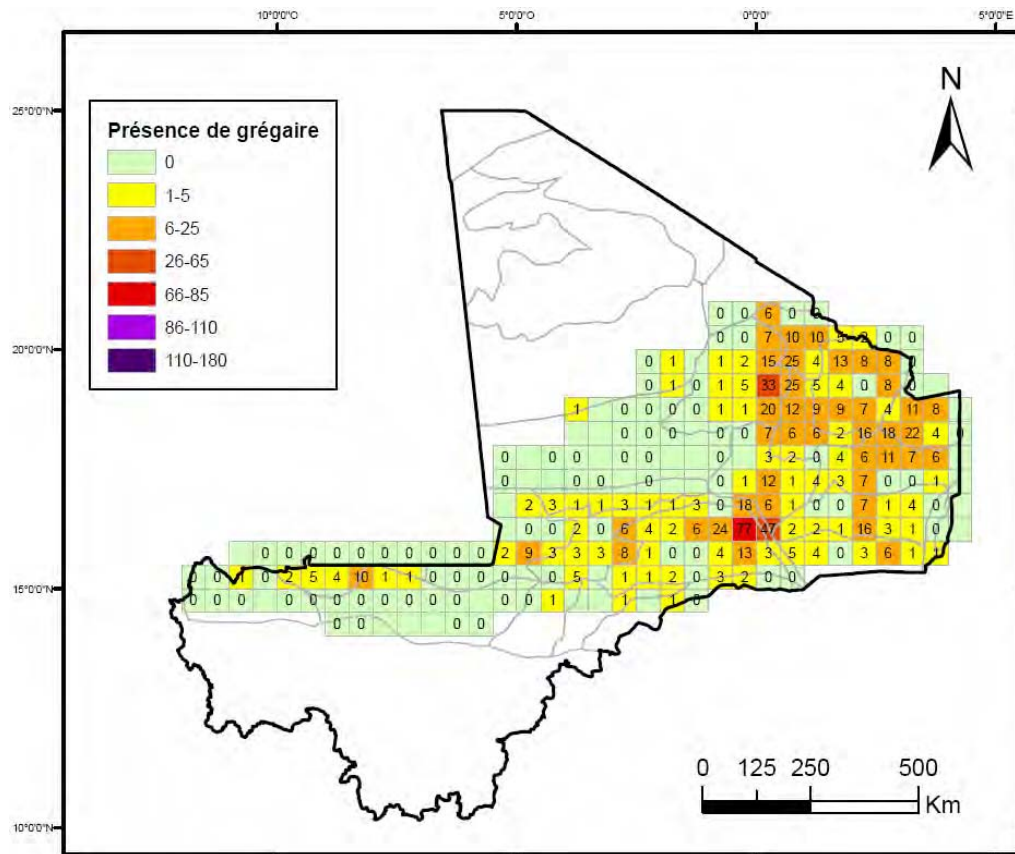


Figure 21 : Carte de distribution du Criquet pèlerin grégaire.

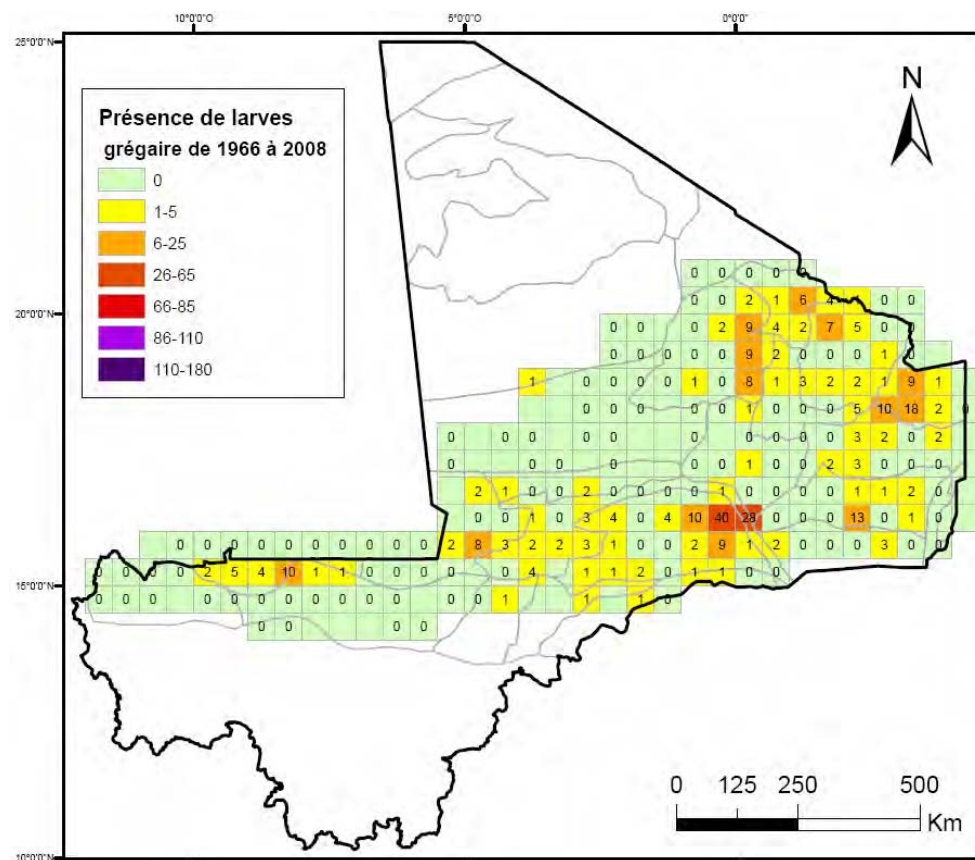


Figure 22 : Carte de distribution des larves du Criquet pèlerin grégaire.

3.4.1. Occurrence mensuelle des solitaires

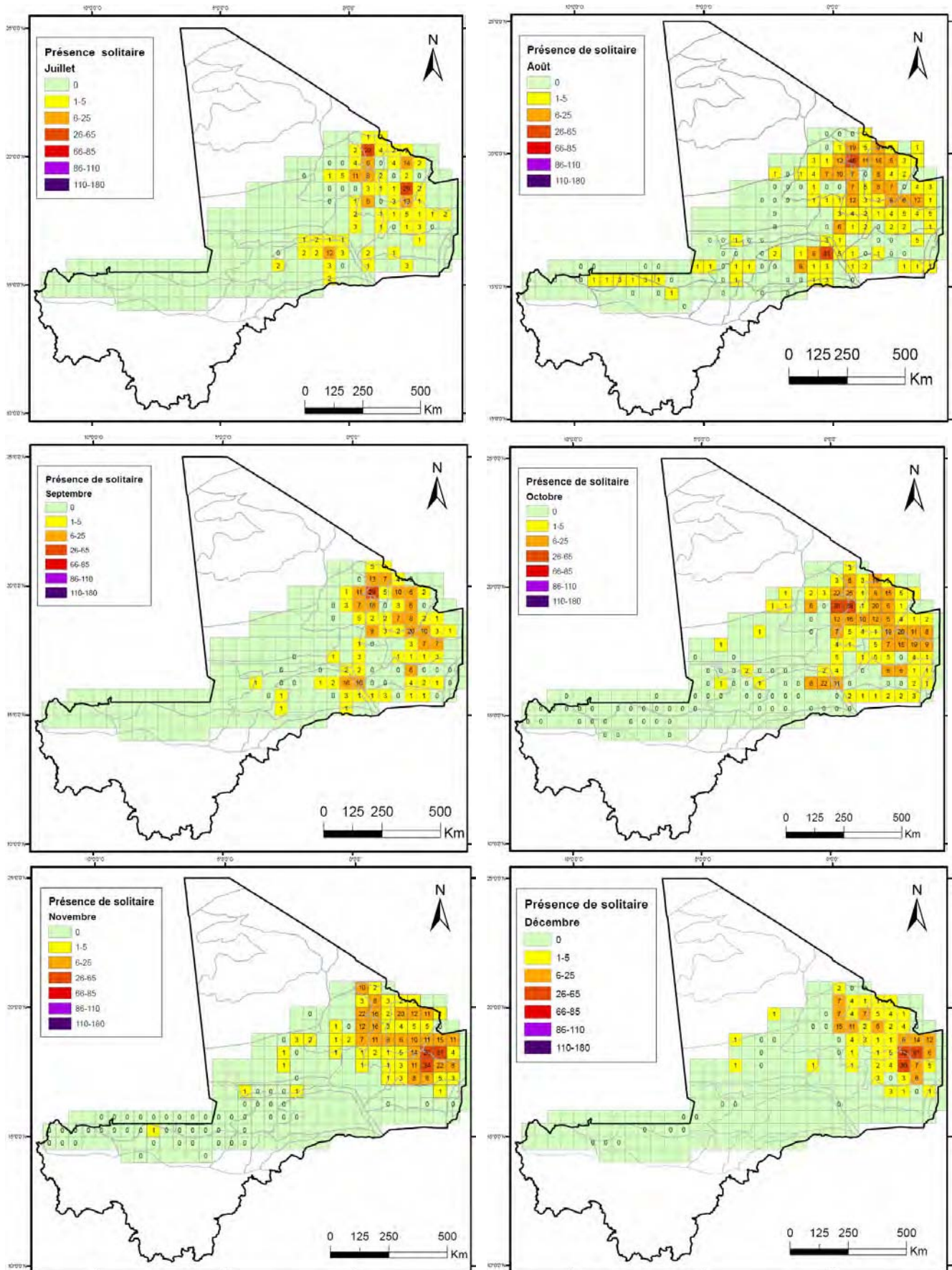


Figure 23a : Cartes de distribution mensuelle du Crisp pèlerin solitaire.

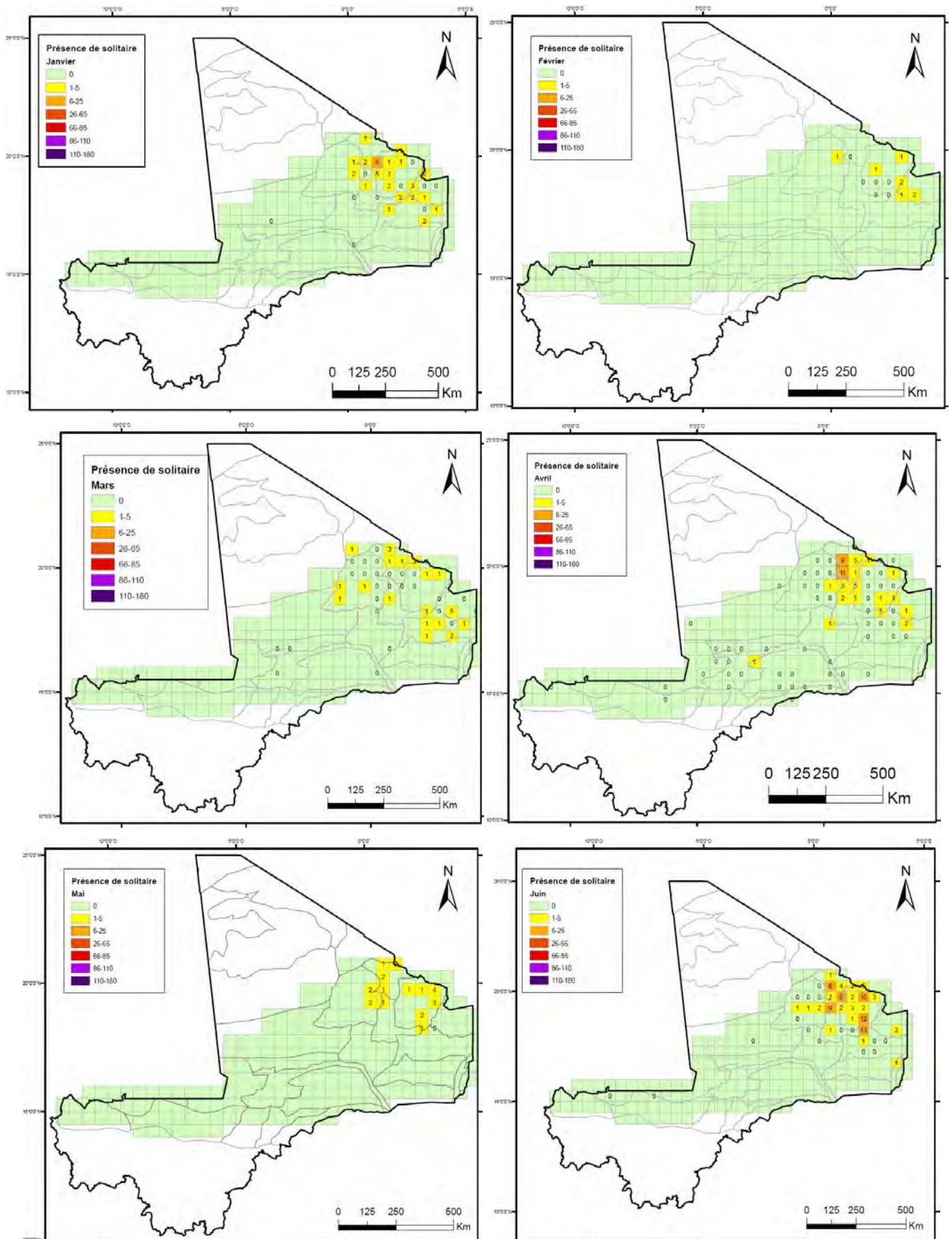


Figure 23b : Cartes de distribution mensuelle du Crique pèlerin solitaire.

Juillet : L'ensemble de la partie nord du pays est plus ou moins occupée par les solitaires. On observe deux zones de concentration, le nord Tilemsi avec une occurrence de 29 pour un quart de degré carré et l'Adrar des Iforas, également avec le même nombre. Une troisième zone fait son apparition vers le 15^{ème} parallèle, dans le Gourma à Gao.

Août : L'ensemble de l'aire de reproduction est occupée. Du 14^{ème} au 21^{ème} parallèle, des solitaires sont signalés un peu partout. Le Timétrine, l'Adrar des Iforas, le Tamesna et le Gourma de Gao sont des zones de fortes pullulations. Les plus grandes fréquences sont observées dans le Timétrine (46) et le Gourma de Gao (43). On peut donc affirmer qu'août est la période la plus propice pour observer les solitaires au Mali.

Septembre : On observe une montée des signalisations vers le nord du pays. Les zones habituelles, Timétrine, Adrar des Iforas, Tilemsi et Tamesna, restent toujours occupées avec des regroupements importants. Le Timétrine présente la plus grande fréquence de signalisations (29). Le Gourma de Gao fonctionne également avec une quantité importante d'occurrence 1 à 25.

Octobre : Les fréquences de signalisations se renforcent avec une aggravation de la situation de septembre. Le Timétrine est la zone qui fonctionne le plus avec 8 quarts de degré carré et une occurrence de 1 à 65. Le Tamesna présente une intense activité avec également 8 quarts de degré carré de 1 à 25 occurrences. L'Adrar n'est pas en reste. Il présente 6 quarts de degré carré avec une occurrence de 1 à 25 également. Il est suivi du le Gourma de Gao, dans la même proportion. Les signalisations se localisent principalement sur l'ensemble du nord-est du pays.

Novembre : Le Gourma de Gao ne fonctionne plus, le Tamesna et le Timétrine sont les deux pôles d'attraction pour les solitaires. Une ligne horizontale se forme d'Essouk à la zone d'Amechekenchar, en passant par Tin Essako. En dessous de cette ligne dans le Tamesna, des fréquences importantes sont signalées (1 à 65) dans 3 quarts de degré carré. Le bassin de Bouréssa présente des situations aussi importantes.

Décembre : La tendance observée est semblable à celle de novembre. Le Tamesna fonctionne et présente 3 quarts de degré carré avec une occurrence de 1 à 65, le Timétrine de 1 à 25. L'Adrar des Iforas fonctionne très peu. La zone du Tamesna présente un pic d'observation avec un quart de degré carré d'occurrence estimée à 61.

Janvier : C'est le mois le plus froid et le plus sec. Les populations solitaires sont faibles mais très étendues et se localisent entre les 18^{ème} et 20^{ème} parallèles. Les quarts de degré carré couverts de solitaires sont au nombre de 20, dont 2 avec des occurrences de 1 à 25, sont contigus et situés dans le Nord Tilemsi, dans la région de Kidal. Les autres occurrences sont réparties autour de cette zone, avec un glissement vers la vallée du Tilemsi, le Tamesna et le Bassin de Bouréssa, dans l'Adrar des Iforas.

Février : Les solitaires sont localisés principalement dans le Tamesna, localité de Tin-Essako et aux environs de Kidal. Les occurrences sont faibles, entre 1 et 5.

Mars : La présence de solitaires est faible. Deux zones se distinguent : le bassin de Bouréssa dans l'Adrar des Iforas et la vallée du Tilemsi, à Tin Essako dans le Tamesna. Cette dernière partie a connu le plus grand nombre de signalisations de la période, soit 5.

Avril : Le Timétrine et la vallée du Tilemsi sont les deux zones qui présentent des signalisations de solitaires. Les occurrences sont comprises entre 1 et 25. On constate une dispersion vers le Tamesna, avec une occurrence très faible, de 1 à 5.

Mai : La distribution des solitaires se focalise autour de deux zones, l'Adrar des Iforas d'un côté et le Timétrine de l'autre. Les occurrences sont faibles, entre 1 et 5. On observe une augmentation des signalisations aux frontières Mali et Algérie, vers le 19^{ème} parallèle. Ceci peut résulter d'une arrivée possible de populations venant du Sahara algérien issu de la reproduction hivernale au Maghreb.

Juin : Au début de la saison des pluies, juin se caractérise par la formation d'un grand ensemble propice au développement de solitaires. Du Timétrine à l'Adrar des Iforas, on observe des signalisations avec une occurrence de plus en plus importante (1 à 25), dont trois degrés carré avec une occurrence supérieure ou égale à 10 dans la vallée du Tilemsi. Toute la partie est de la région de Kidal fonctionne au cours de cette période. L'arrivée de population allochtone se poursuit en provenance de l'Algérie.

3.4.2. Occurrence mensuelle des larves solitaires

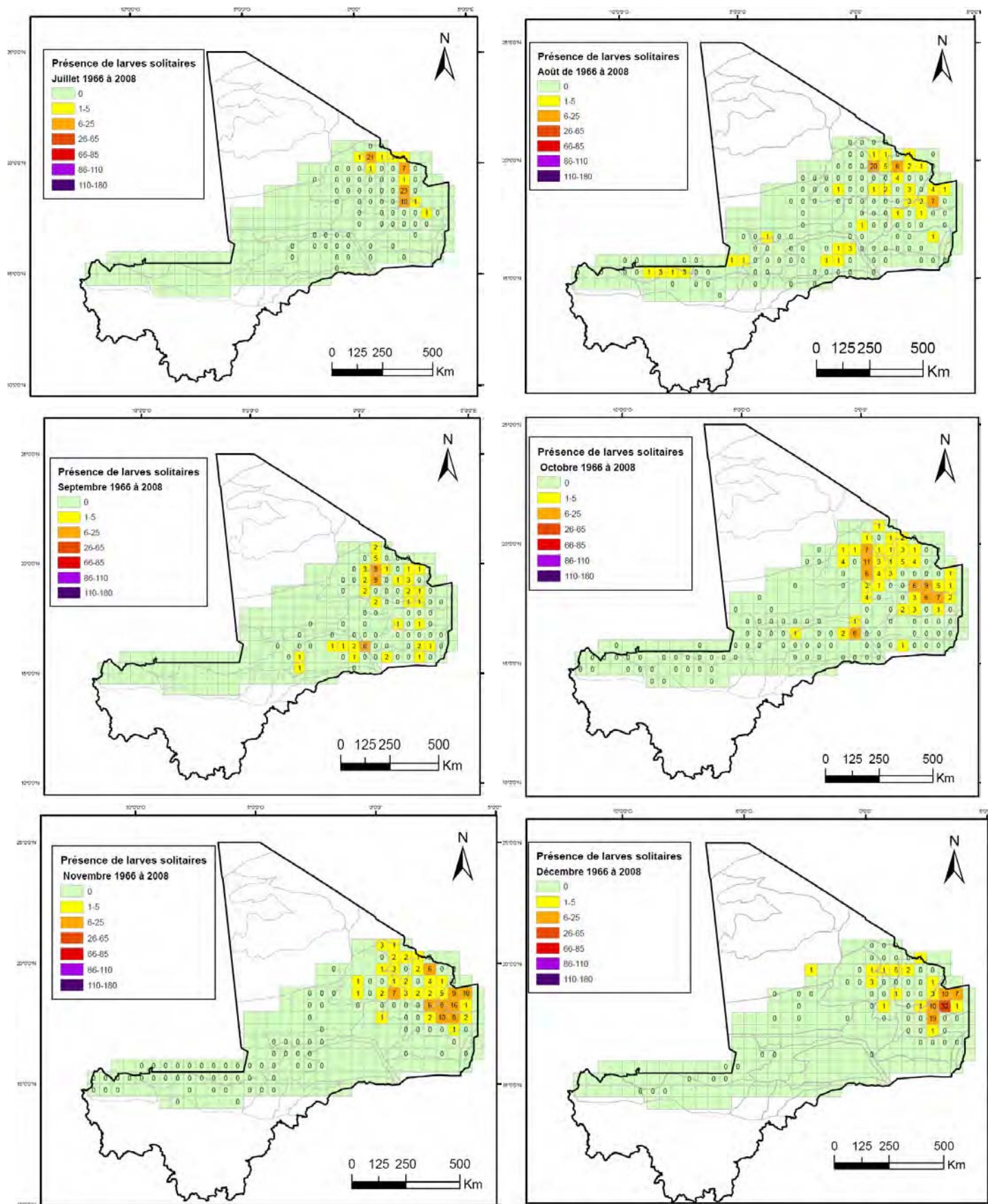


Figure 24a : Cartes de distribution mensuelle des larves de Criquet pèlerin solitaire.

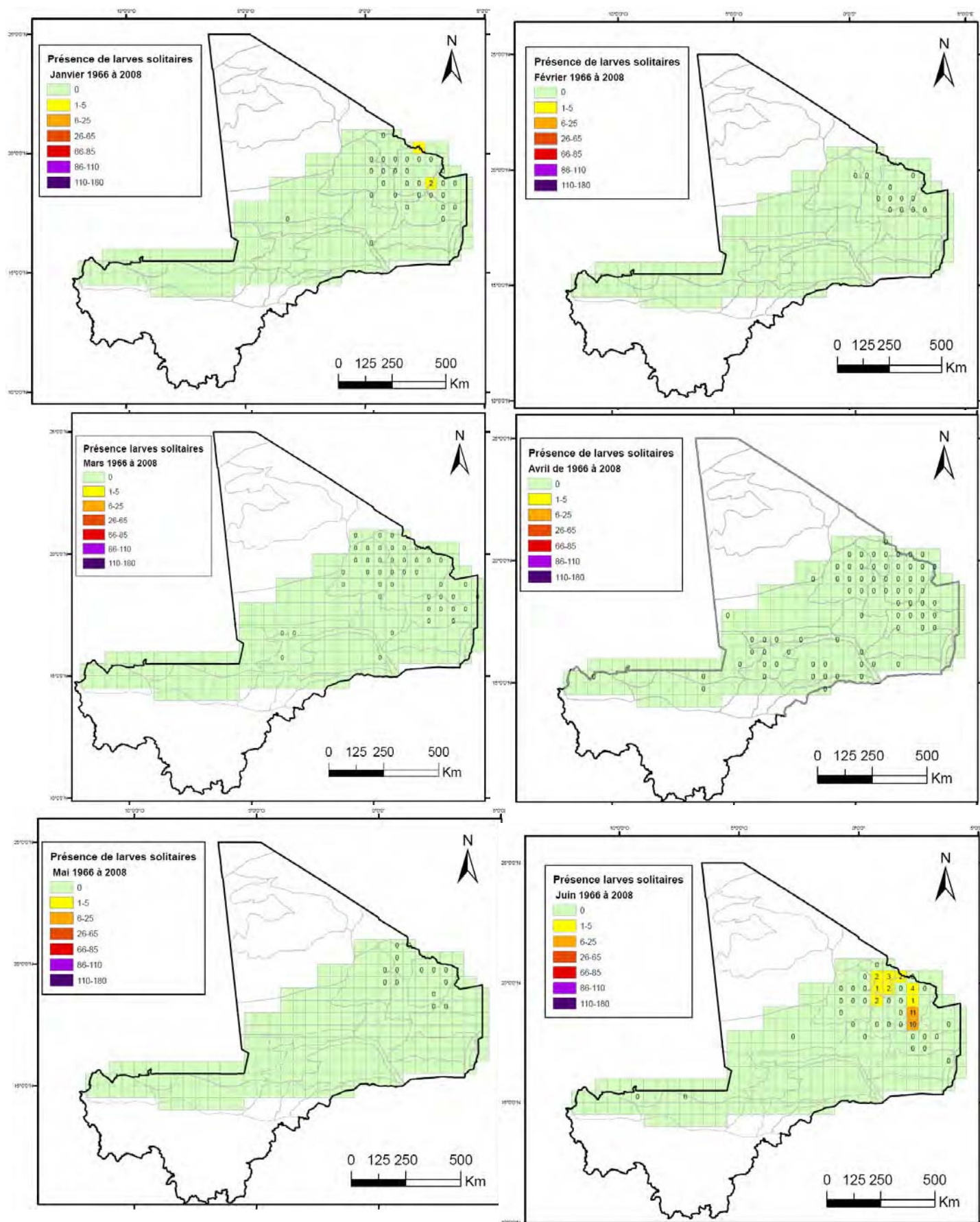


Figure 24b : Cartes de distribution mensuelle des larves de Criquet pèlerin solitaire.

Juillet : Les occurrences de larves solitaires restent semblables à celles de juin. On observe 12 quarts de degré carré, dont 4 compris entre 6 et 25. La situation se renforce avec une occurrence de 23 dans la zone du Tamesna. Une occurrence importante est observée du côté du Nord Tilemsi, avec 21.

Août : La tendance à la dispersion du Criquet pèlerin solitaire est très grande et couvre l'ensemble de l'aire de répartition de l'insecte. 33 quarts de degré carré présentent une signalisation de 1 à 25. Le Timétrine présente l'occurrence la plus élevée, soit 20. Un quart de degré carré dans la zone de Tamesna (7) montre le fonctionnement de la partie du nord-est du pays.

Septembre : Les signalisations se dispersent et atteignent la zone du Gourma de Gao et une partie de Tombouctou dans la zone des grands Lacs. Plus d'une trentaine de quarts de degré carré sont atteints. Le Tilemsi et l'Adrar sont les zones qui fonctionnent le plus.

Octobre : Trois zones se distinguent nettement. Le Timétrine, avec la plus grande fréquence au niveau de 3 quarts de degré carré, de 1 à 25. Le Tamesna, avec 4 quarts de degré carré de 1 à 25. Enfin, le Gourma de Gao, avec un quart de degré carré de 1 à 25.

Novembre : Le Tamesna se distingue nettement. Il présente sept quarts de degré carré avec une fréquence de 1 à 25. Le bassin de Bouréssa présente un quart de degré carré avec une occurrence de 1 à 25. L'ensemble de la zone de l'Adrar des Iforas fonctionne mais avec une occurrence faible, de 1 à 5 par quart de degré carré.

Décembre : La distribution concerne principalement le nord-est du pays (Amechekancher), avec une augmentation de fréquence sur un quart de degré carré (1 à 65). Seule la zone du Tamesna présente une forte occurrence, avec 4 quarts de degré carré de 1 à 25.

Janvier : Les signalisations de larves solitaires sont très faibles (1 à 2 relevés par quart de degré carré), avec 2 quarts de degré carré dans le nord du pays, entre le bassin de Bouréssa et Tin Essako.

Février à mai : Absence de larves solitaires.

Juin : On observe des signalisations au niveau de 10 quarts de degré carré, qui concernent principalement 3 zones : le Timétrine, le Tilemsi à moindre mesure et l'Adrar des Iforas. Cette dernière zone présente les occurrences les plus élevées (11).

3.4.3. Occurrence mensuelle des *transiens*

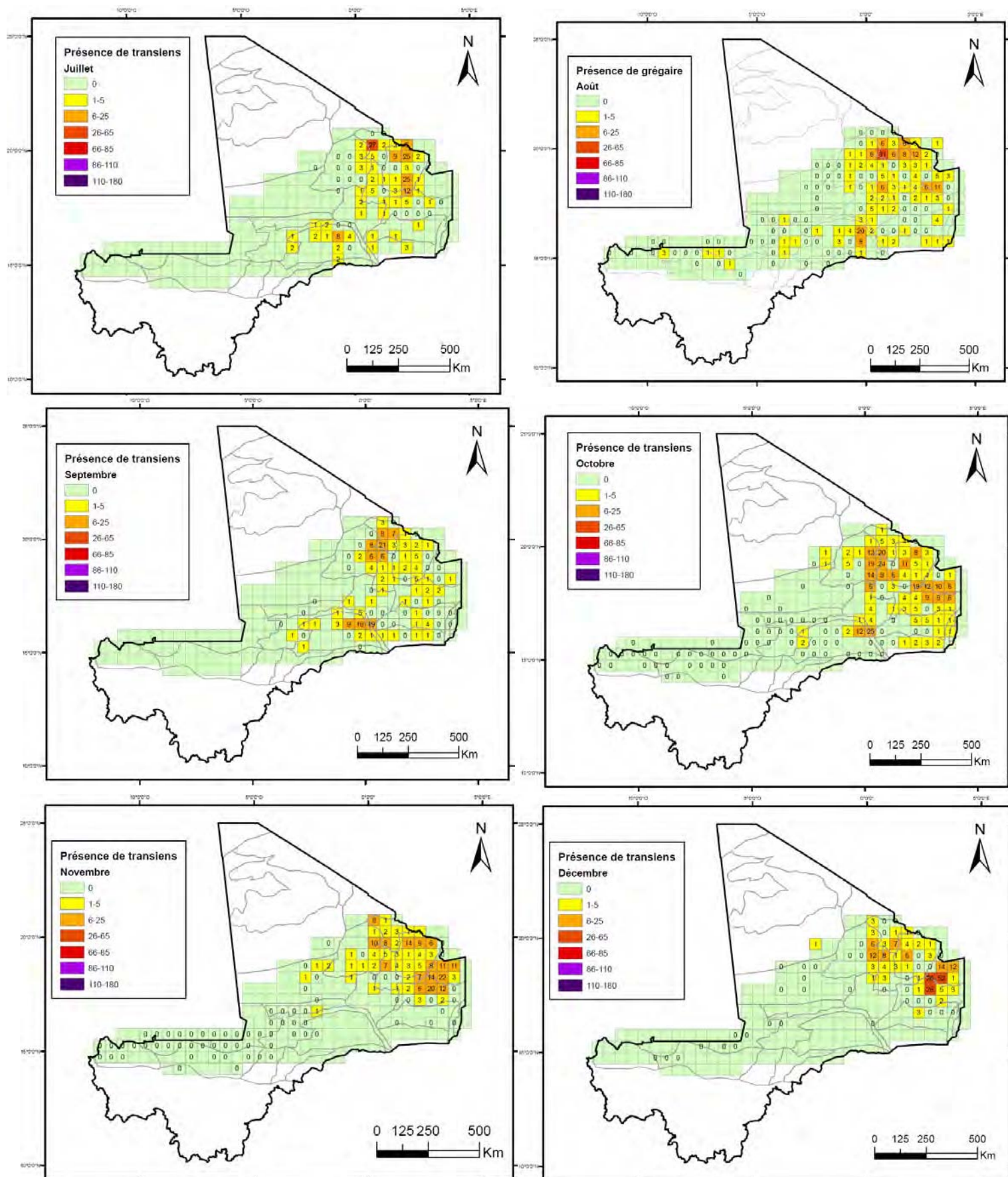


Figure 25a : Cartes de distribution mensuelle du Criquet pèlerin *transiens*.

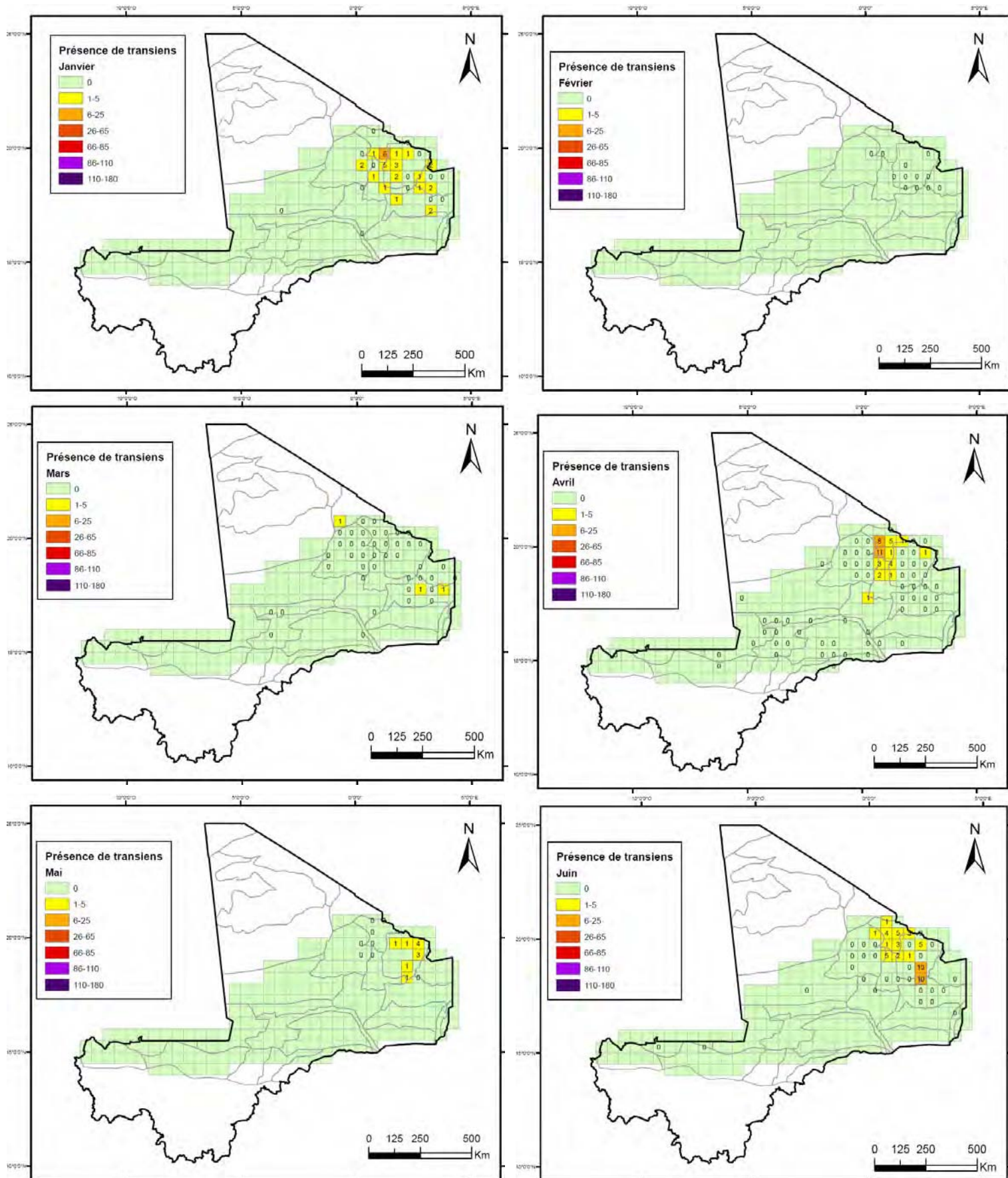


Figure 25b : Cartes de distribution mensuelle du Criquet pèlerin *transiens*.

Juillet : Seuls deux quarts de degré carré ne sont pas concernés par la présence de *transiens*. La plus haute fréquence se situe dans le haut Tilemsi, avec une occurrence de 26 à 45. Un quart de degré carré dans le Gourma présente une occurrence de 6 à 25 et de nombreux autres ont des fréquences faibles, de 1 à 5.

Août : Expansion des signalisations dans toute l'aire de reproduction. L'extrême nord-est du pays, du haut Tilemsi à l'Adrar des Iforas, on distingue 6 quarts de degré carré avec des occurrences de 6 à 45. Au Tamesna, 4 quarts de degré carré présentent des *transiens*, dont 2 avec des occurrences de 6 à 25. Il y a 2 quarts de degré carré dans le Gourma, avec une occurrence de 6 à 25 et 14 avec une fréquence faible, de 1 à 5.

Septembre : La plus forte présence de *transiens* est située entre le Timétrine et la vallée du Tilemsi. Deux quarts de degré carré avec une occurrence de 6 à 25 se situent dans le Timétrine et quatre dans le Tilemsi, ainsi qu'une importante zone formant une ligne horizontale dans le Gourma.

Octobre : Deux zones se distinguent : la jonction Timétrine-vallée du Tilemsi, avec 10 quarts de degré carré de 6 à 25, ainsi que la zone du Tamesna, avec 7 quarts de degré carré de 6 à 25, partagés avec la zone d'Agala. Également le Gourma de Gao, avec deux quarts de degré carré de 6 à 25, au sud du 17^{ème} parallèle.

Novembre : Une zone importante d'occurrence de *transiens* se forme dans le Tamesna, avec 9 quarts de degré carré de fréquence allant de 6 à 25. Le bassin de Bouressa, dans l'Adrar des Iforas, présente trois quarts de degrés carré avec une occurrence de 6 à 25. L'ensemble de la zone allant du Timétrine à l'Adrar des Iforas fonctionne mais avec une occurrence faible, de 1 à 5 par quart de degré carré.

Décembre : Une importante zone de forte distribution de *transiens* se forme à la frontière Tamesna-Agala, avec une occurrence de 26 à 45. Seul un quart de degré carré ne présente aucune signalisation au Tamesna. Le Timétrine, la vallée du Tilemsi et l'Adrar présentent également des signalisations mais les fréquences sont faibles en général.

Janvier : L'Adrar des Iforas présente six quarts de degré carré avec des *transiens*, avec une fréquence maximum de 6 à 25 à la frontière avec le haut Tilemsi. Trois autres quarts de degré carré, contigus, situés dans le Tamesna à la frontière avec l'Adrar.

Février : Absence de *transiens*.

Mars : Trois signalisations très dispersées.

Avril : Neuf signalisations contigües de très faible fréquence (1 à 5) dans le haut Tilemsi, entre le Timétrine et l'Adrar des Iforas. Deux quarts de degré carré ont une occurrence entre 6 et 25. Ils forment une ligne suivant la vallée du Tilemsi.

Mai : Les signalisations sont localisées dans cinq quarts de degré carré dans l'Adrar, au nord-est du Pays. Leur fréquence est faible, de 1 à 5.

Juin : Deux quarts de degrés carrés avec une fréquence de 6 à 25 forment une zone dans l'Adrar des Iforas. Le haut Tilemsi montre aussi une présence de *transiens*, avec 9 quarts de degré carré d'occurrences 1 à 5.

3.4.4 Occurrence mensuelle des larves *transiens*.

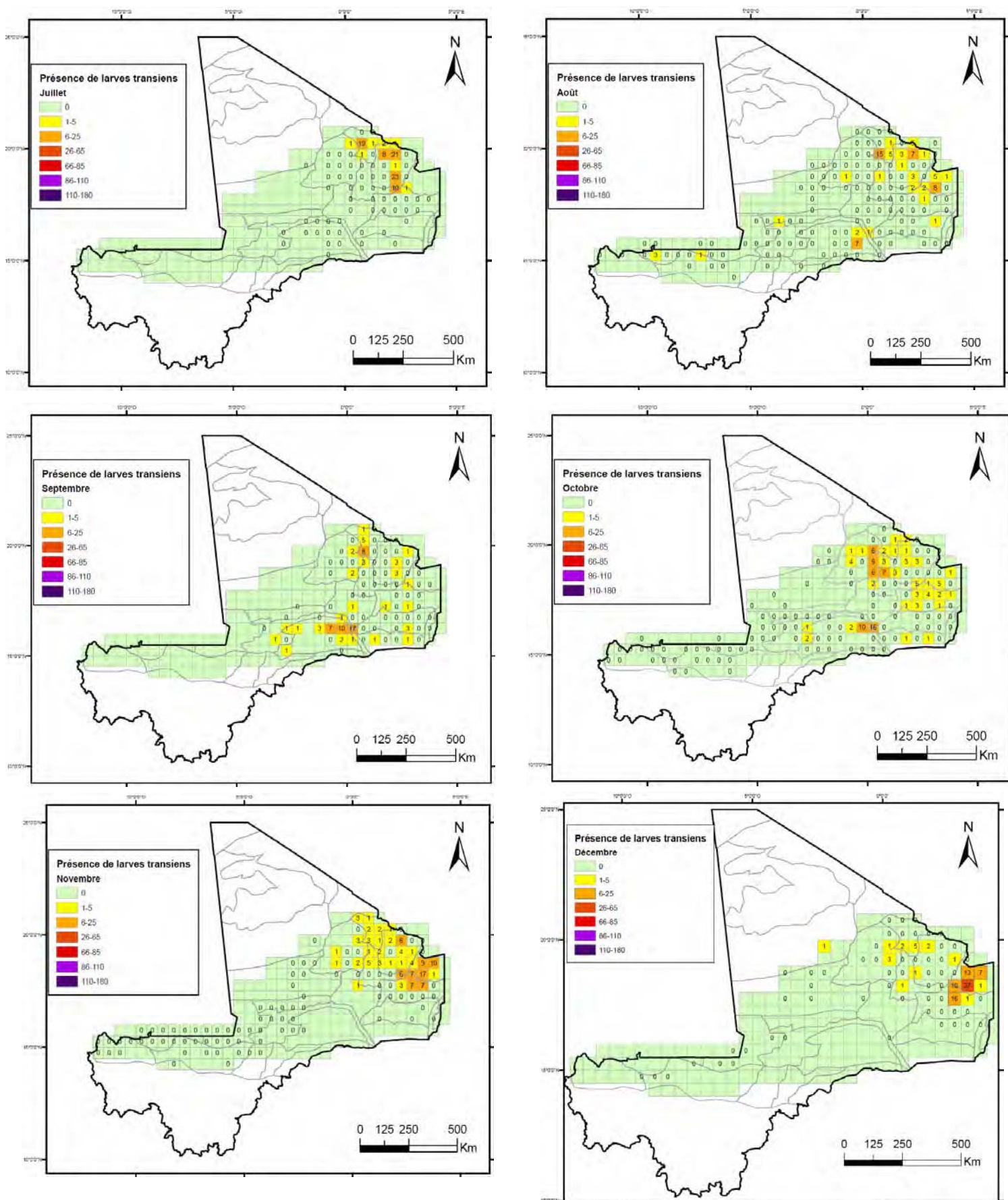


Figure 26a : Cartes de distribution mensuelle des larves du Cricquet pèlerin *transiens*.

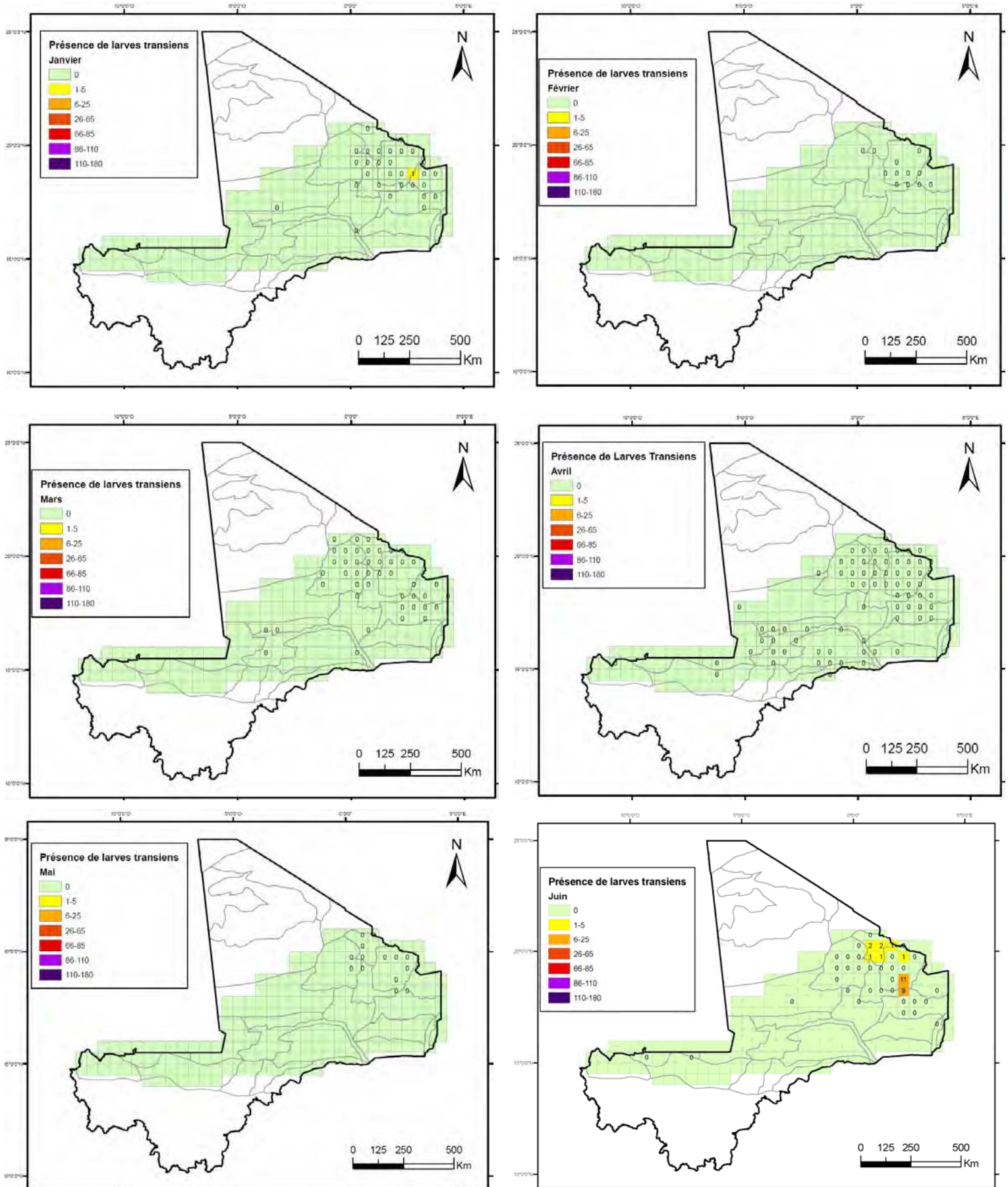


Figure 26b : Cartes de distribution mensuelle des larves du Criquet pèlerin *transiens*.

Juillet : La tendance du mois de juin se poursuit en juillet dans l'Adrar, avec 7 quarts de degré carré, dont 3 ont une occurrence de 6 à 25 et le haut Tilemsi, avec 5 quarts de degré carré, dont 1 d'occurrence de 6 à 26.

Août : Les larves *transiens* sont présentes sur une très grande superficie. Il y a une distribution sur tout le nord du pays et aussi sur la zone du Gourma. Plusieurs degrés carrés sont concernés mais la fréquence est faible, entre 1 et 5. Des larves *transiens* sont présentes au niveau du Timétrine, de la vallée du Tilemsi, de l'Adrar des Iforas, du Tamesna et dans le Gourma.

Septembre : La présence de larves *transiens* se renforce dans le Gourma. Trois quarts de degré carré s'alignent horizontalement, avec une occurrence de 6 à 26. Une dizaine d'autres, dispersés autour de la zone à haute fréquence, subsistent avec une occurrence de 1 à 5.

Octobre : La zone du Gourma perd en intensité. Le Timétrine entre en fonction avec 3 quarts de degré carré de 6 à 25 d'occurrence. Le Tilemsi montre un quart de degré carré avec une occurrence de 6 à 25 et 4 autres de 1 à 4. Agala présente 10 quarts de degré carré avec une occurrence de 1 à 5, soit plus des $\frac{3}{4}$ de sa superficie occupée par des larves *transiens*.

Novembre : Le Tamesna regroupe le maximum de présence de larves *transiens*. Toute la zone est recouverte. Sur 6 quarts de degré carré, 5 présentent une occurrence de 6 à 25 et un seul de 1 à 5. Cette zone partage avec Agala, à sa frontière sud, deux autres degrés carrés avec une occurrence de 6 à 25. L'Adrar des Iforas montre également des signalisations mais à des fréquences faibles, de 1 à 5. Seule la zone de Bouréssa présente un quart de degré carré avec une occurrence de 6 à 25.

Décembre : Regroupement des *transiens* à la frontière Tamesna-Agala, avec un quart de degré carré d'occurrence 26 à 45. Le Tamesna montre une présence forte tout au long de la période. Une bande traverse l'Adrar des Iforas, la vallée du Tilemsi et le Timétrine mais avec une fréquence faible de 1 à 5.

Janvier : La présence de larves *transiens* est très rare. Seul un quart de degré carré présente une signalisation, entre l'Adrar des Iforas et le Tamesna.

Février à mai : Absence de larves *transiens*.

Juin : Le début de la saison des pluies au Mali correspond souvent aux premières signalisations. On signale des larves *transiens* dans l'Adrar des Iforas, avec 3 quarts de degré carré, dont deux avec une fréquence de 6 à 25. Le haut Tilemsi constitue la seconde zone, avec quatre quarts de degré carré dont les fréquences sont faibles, de 1 à 5.

3.4.5. Occurrence mensuelle des grégaires

Juillet : On assiste au cours de ce mois à d'importantes signalisations de grégaires sur 31 quarts de degrés carrés, avec un pic dans le Gourma de Gao (6 à 25).

Août : L'aire de distribution du Criquet pèlerin au Mali, du 14^{ème} au 21^{ème} parallèle, présente des relevés avec présence de grégaires sur l'ensemble de sa superficie. Les fréquences les plus élevées (6 à 25) se trouvent sur 5 quarts de degrés carrés dans le Gourma. Le Sahel est largement affecté (plusieurs quarts de degré carré avec au moins une signalisation). Le nord-ouest, vers la Mauritanie, présente un degré carré avec une occurrence importante, de 6 à 25. Cette situation est le résultat de l'invasion de 2003 – 2004. Toute la bande sahélienne est affectée.

Septembre : Le Tamesna se vide, les populations grégaires descendent vers le Gourma, avec 1 degré carré de fréquence comprise entre 26 et 45 et 4 de 6 à 25. On signale des présences dans le Timétrine et la zone des grands lacs, dans la région de Tombouctou, avec des fréquences de 1 à 5.

Octobre : Le Timétrine se renforce avec un glissement vers l'Adrar et le Tamesna. Cinq quarts de degré carré contigus présentent une fréquence de 6 à 25. Quatre quarts de degré carré dans la vallée du Tilemsi ont une fréquence de 6 à 25. Le Gourma présente toujours quelques populations plus ou moins importantes, avec deux quarts de degré carré de 6 à 25.

Novembre : Les populations grégaires ont tendance à se rassembler dans la région de Kidal, réputé habitat traditionnel du Criquet pèlerin au Mali. Un seul quart de degré carré présente une fréquence de 6 à 25. Le reste de la zone ne montrant que de faibles signalisations.

Décembre : La tendance de novembre se poursuit. Deux pôles se forment, Timétrine et Tamesna. Dans le Timétrine, deux quarts de degré carré contigus présentent une occurrence de 6 à 25 et dans le Tamesna, trois, de même fréquence.

Janvier : Les populations de grégaires sont très réduites. Seuls 3 quarts de degré carré ont des signalisations. Les occurrences sont très faibles, entre 1 et 5. Il s'agit là de quelques populations n'ayant pas suivi la migration saisonnière.

Février et mars : Absence de signalisation.

Avril : Quelques signalisations. 10 quarts de degré carré au total dont un avec une occurrence de 6 à 26. La principale zone est le Timétrine, ainsi que l'extrême nord de l'Adrar des Iforas, avec un seul quart de degré carré.

Mai : Très peu de grégaires. Trois quarts de degré carré avec des occurrences très faibles, de 1 à 5, sont regroupés dans l'Adrar des Iforas.

Juin : Même scénario qu'en mai. Les signalisations sont dispersées dans l'Adrar des Iforas.

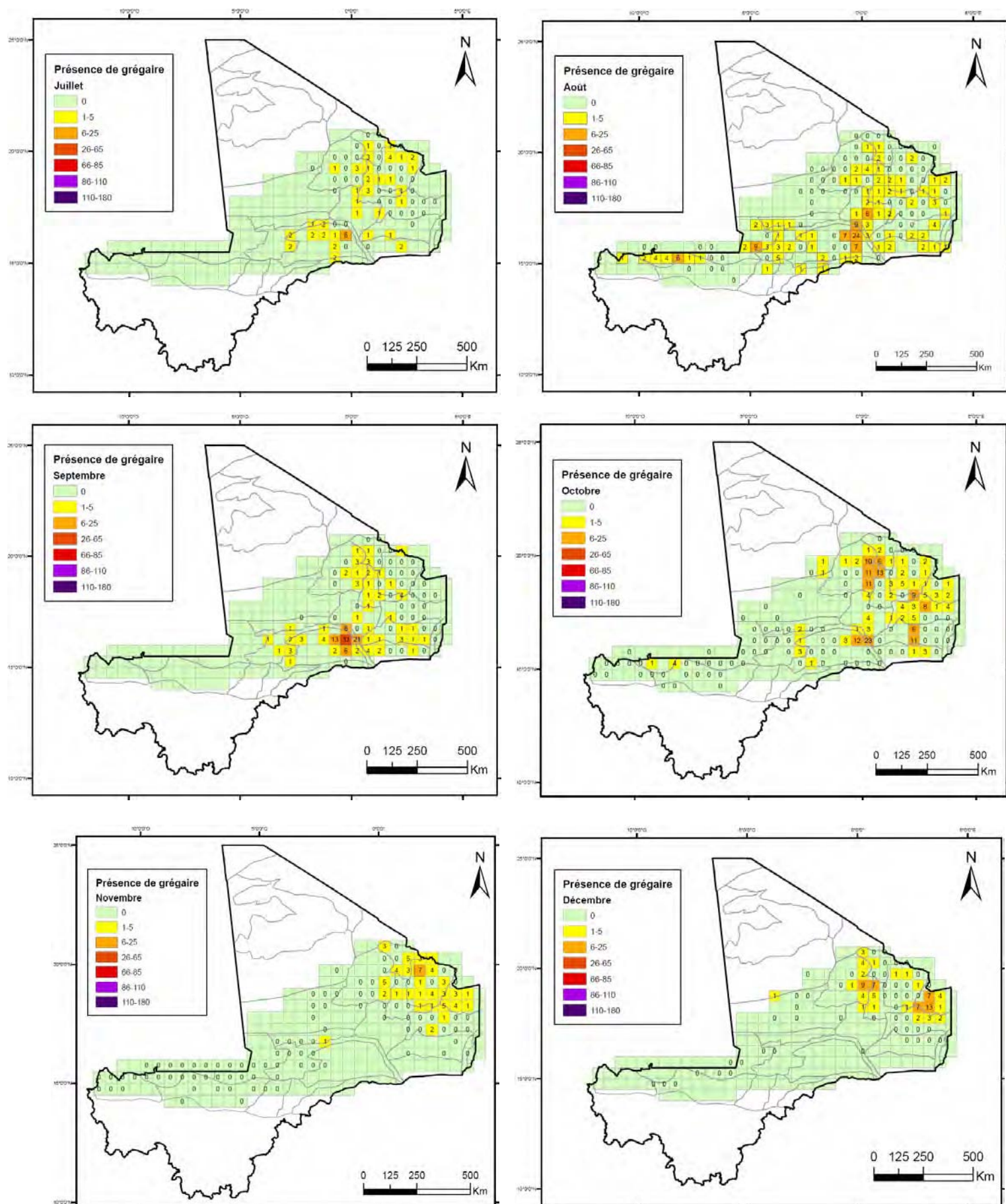


Figure 27a : Cartes de distribution mensuelle du Cricquet pèlerin grégaire.

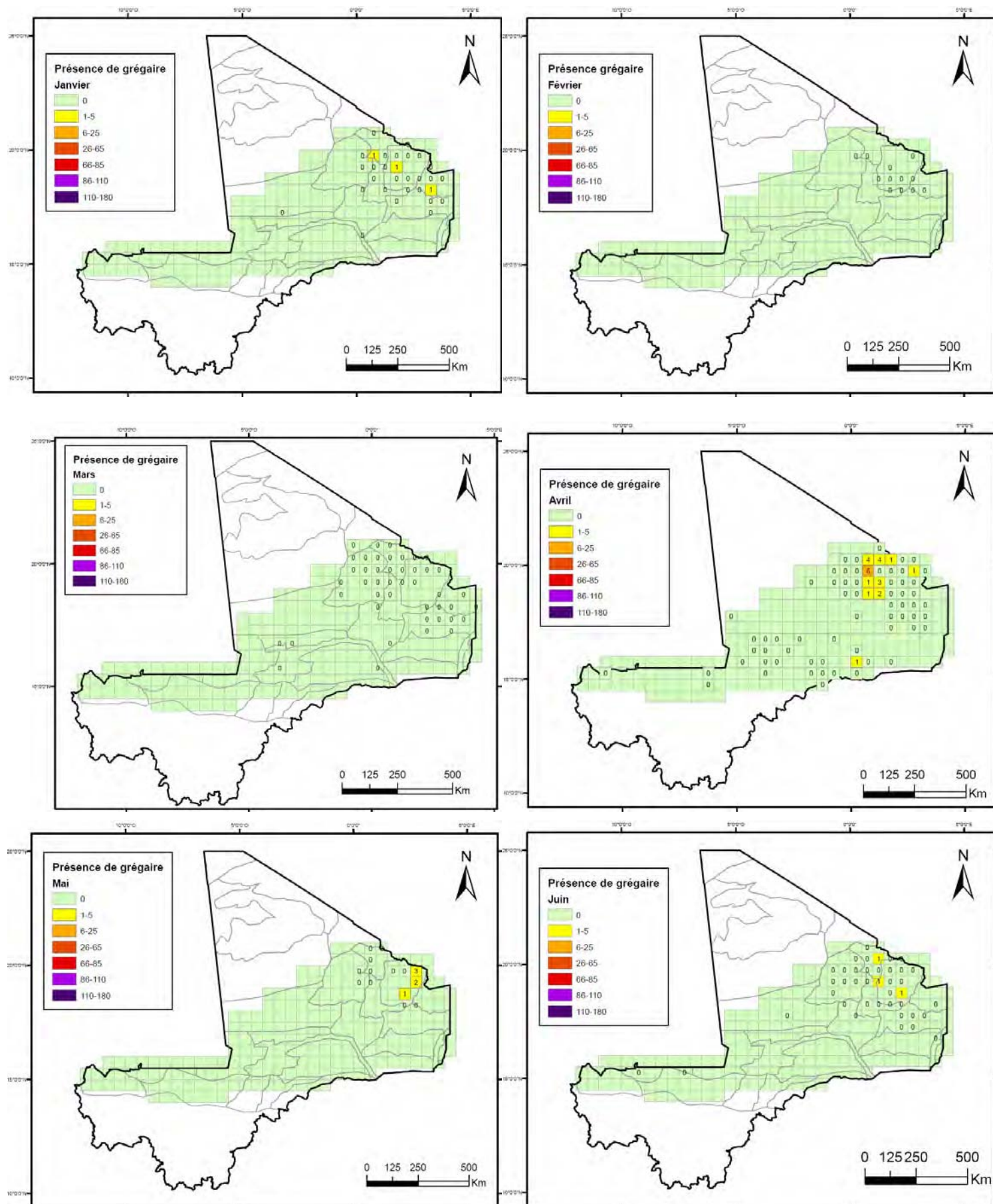


Figure 27b : Cartes de distribution mensuelle du Criquet pèlerin grégaire.

3.4.6. Occurrence mensuelle des larves grégaires

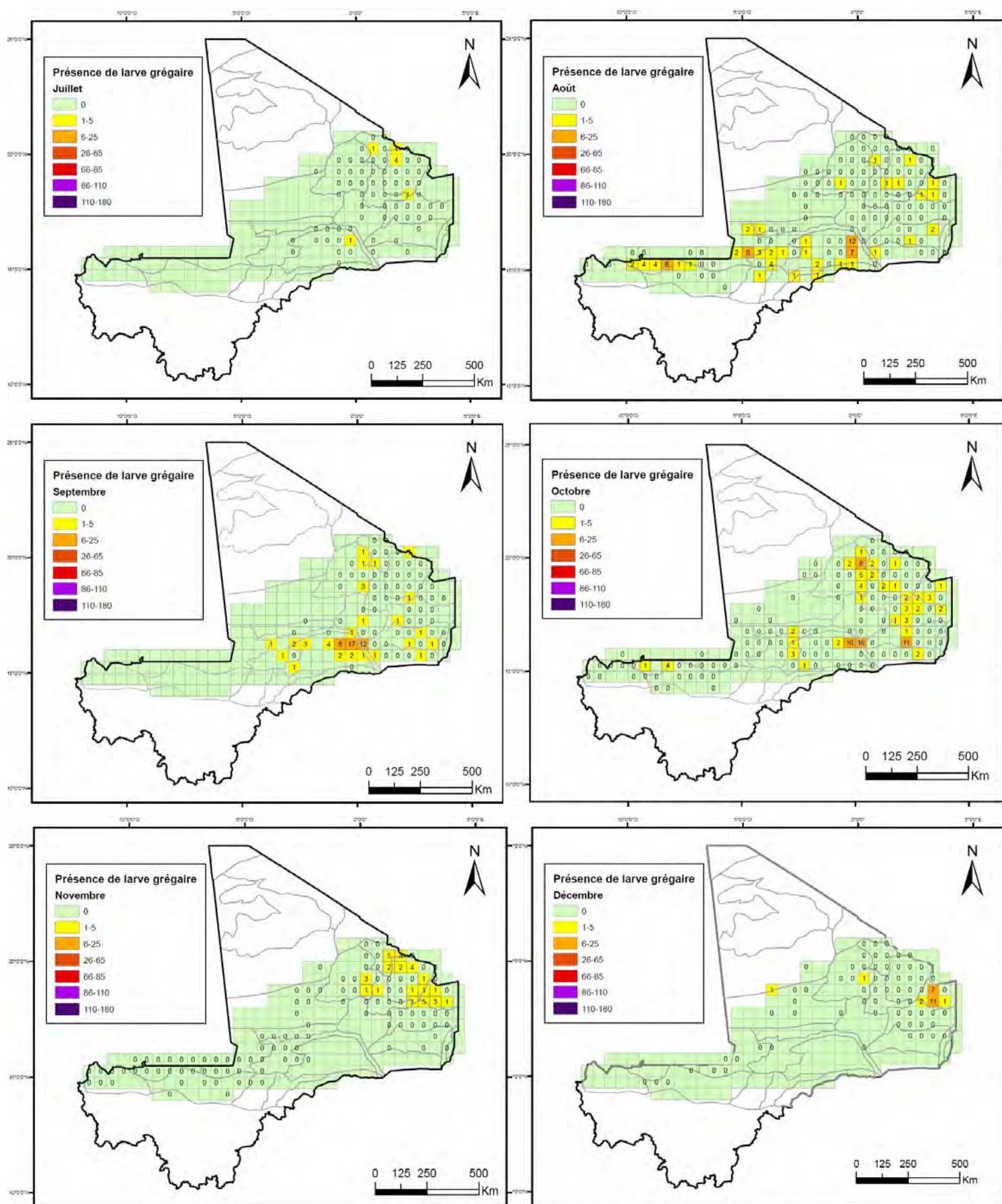


Figure 28a : Cartes de distribution mensuelle des larves du Criquet pèlerin grégaire.

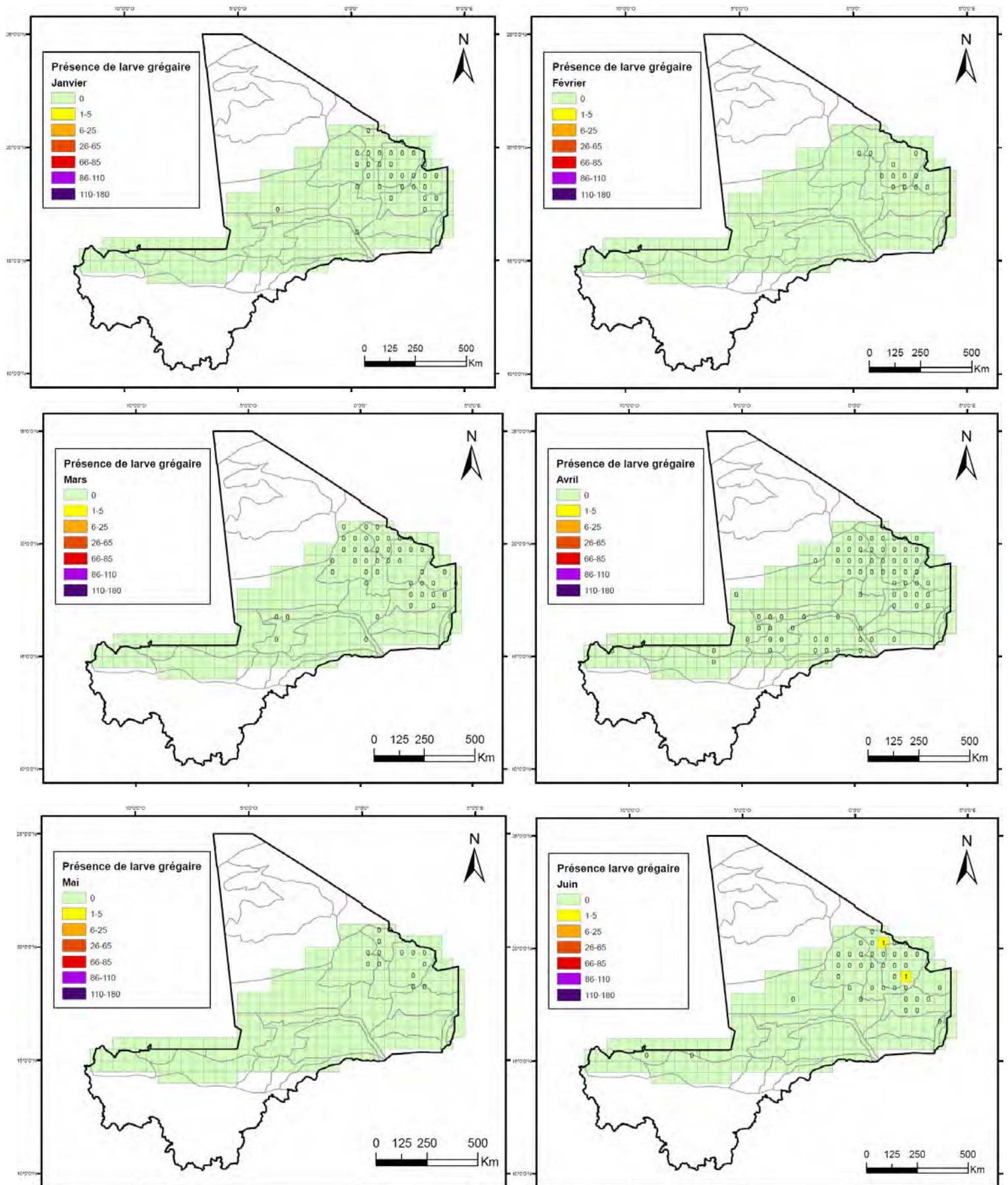


Figure 28b : Cartes de distribution mensuelle des larves du Criquet pèlerin grégaire.

Juin : Les premières signalisations de larves de Criquet pèlerin grégaire au Mali ont été faites à partir du mois de Juin. Deux quarts de degré carré sont concernés. Le premier est localisé dans le haut Tilemsi et le second dans l'Adrar des Iforas. La fréquence de leur occurrence est très faible comprise entre 1 à 5.

Juillet : La tendance se poursuit au cours du mois de juillet. Un nouveau quart de degré carré vient s'ajouter au premier de haut Tilemsi. Une petite tâche s'ouvre sur la zone d'Agala au sud du Tamesna.

Août : Cette période présente une forte signalisation de larve de Criquet pèlerin. Une zone de trois quarts de degré carré se forme dans le Tamesna avec une fréquence de 1 à 5. La zone du Gourma présente la fréquence la plus importante avec deux quarts de degré carré de 6 à 25. Il faut constater que toute la bande entre le 20^{ème} et 17^{ème} parallèle présente un important nombre de quarts de degré carré avec une signalisation de larve de Criquet pèlerin grégaire.

Septembre : Au cours de cette période, le Gourma présente la plus grande fréquence de signalisation de larves grégaires de Criquet pèlerin. Trois quarts de degré carré avec une occurrence de 6 à 25 sont contigus. Les insectes semblent suivre le long de cette zone humide située en bordure du Sahara.

Octobre : La présence de larves de Criquet pèlerin dans le Gourma reste importante. Un quart de degré carré avec une fréquence de 6 à 25 se forment dans le Timétrine. Une zone non moins importante aussi se forme dans le Tamesna et sur ses bordures avec Agala.

Novembre : Les signalisations larvaires de Criquet pèlerin grégaire se concentre dans le Tamesna où 5 quarts de degré carré contigus et l'Adrar des Iforas avec 6 non contigus. Les fréquences sont faibles, comprises entre 1 et 5.

Décembre : le Tamesna est la zone à occurrence de larves grégaire de SGR plus élevées. Quatre quarts de degré carré contigus dont deux avec une fréquence de 6 à 25 représentent le pic.

Janvier : Aucune signalisation de larve de Criquet pèlerin au Mali

Février : Absence de signalisation de larve criquet pèlerin grégaire

Mars : Absence de signalisation de larve criquet pèlerin grégaire

Avril : Absence de signalisation de larve criquet pèlerin grégaire

Mai : Absence de signalisation de larve criquet pèlerin grégaire

3.5. OCCURRENCE GÉOGRAPHIQUE DU CRIQUET PÈLERIN PAR RÉGION NATURELLE

3.5.1. Présence du Criquet pèlerin

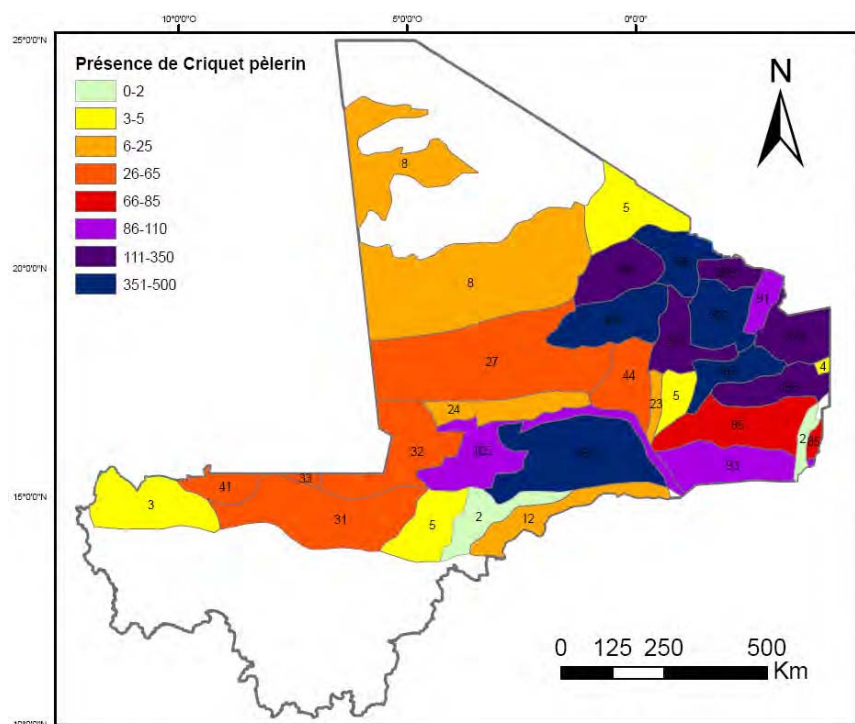


Figure 29 : Carte d'occurrence du Criquet pèlerin, par région naturelle.

3.5.2. Présence de larves

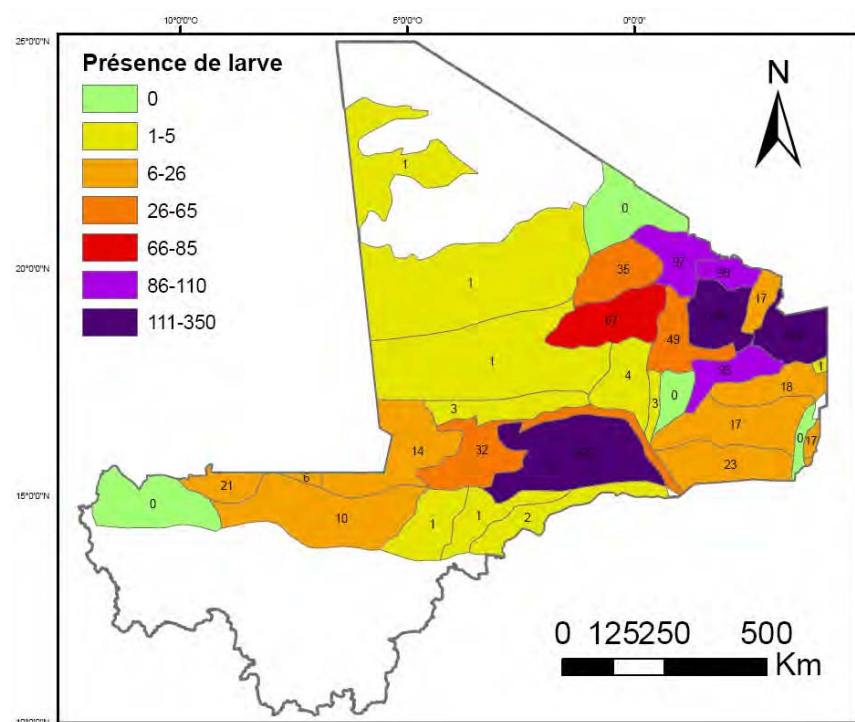


Figure 30 : Carte d'occurrence des larves de Criquet pèlerin, par région naturelle.

3.5.3. Présence de solitaires

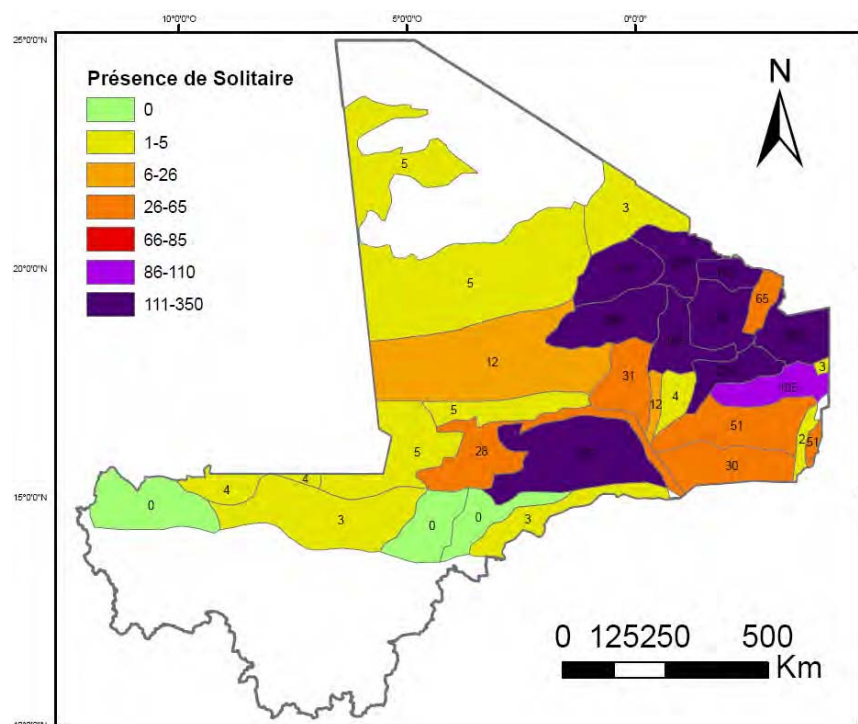


Figure 31 : Carte d'occurrence du Criquet pèlerin solitaire, par région naturelle.

3.5.4. Présence de larves solitaires

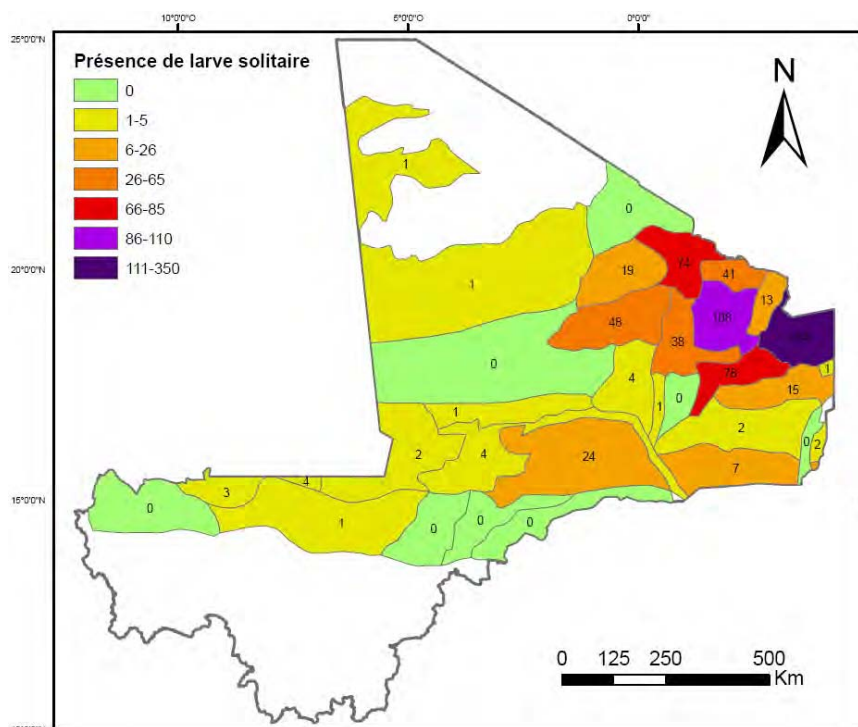


Figure 32 : Carte d'occurrence des larves de Criquet pèlerin solitaire, par région naturelle.

3.5.5. Présence de *transiens*

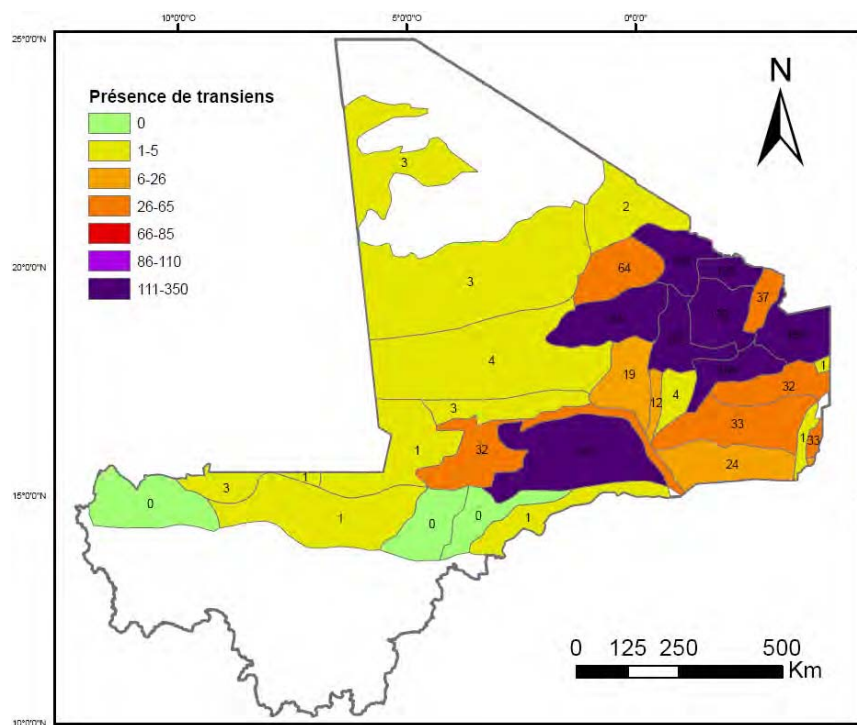


Figure 33 : Carte d'occurrence du Crisquet pèlerin *transiens*, par région naturelle.

3.5.6. Présence de larves *transiens*

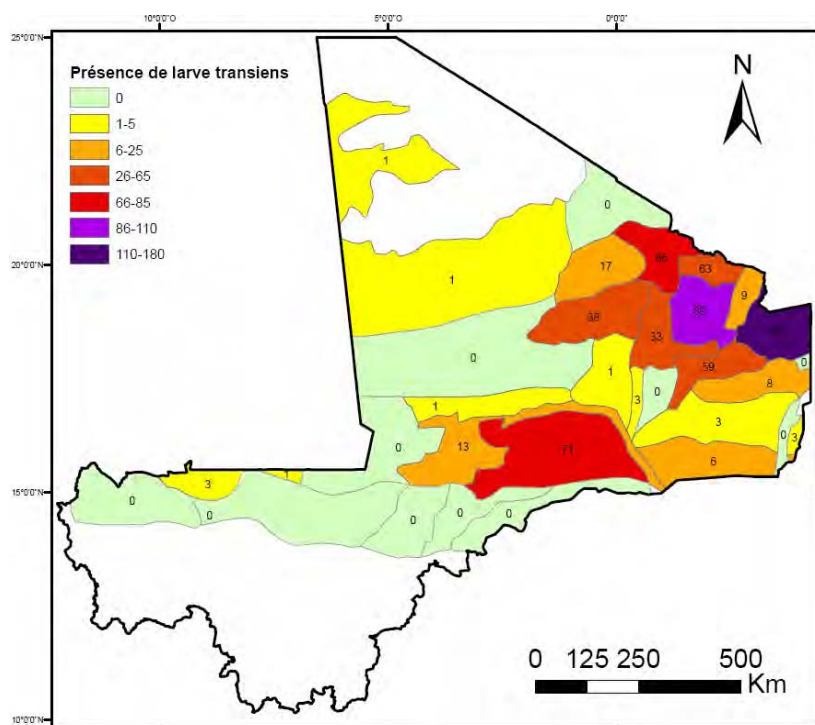


Figure 34 : Carte d'occurrence des larves de Crisquet pèlerin *transiens*, par région naturelle.

3.5.7. Présence de grégaire

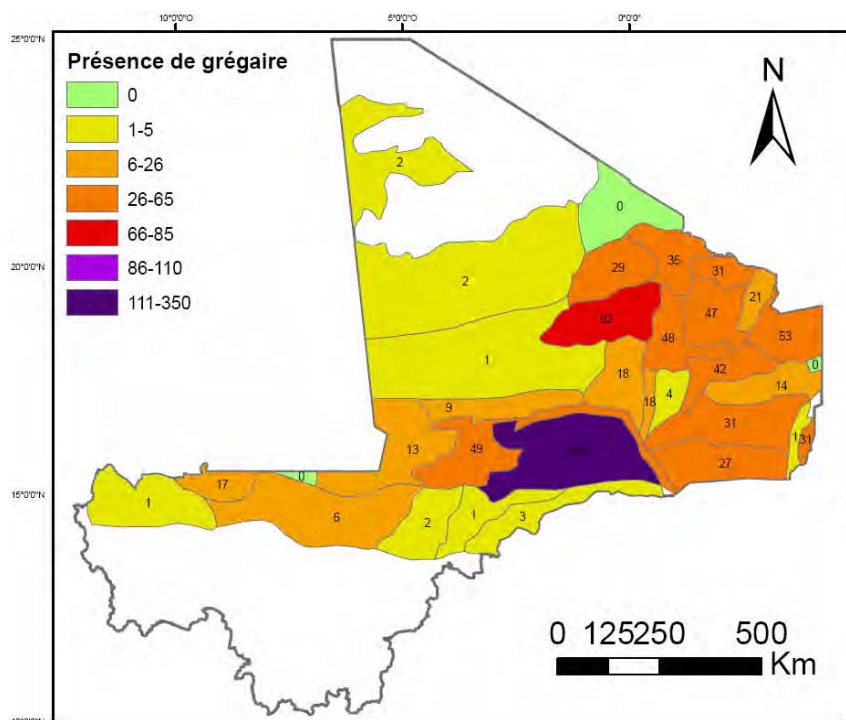


Figure 35 : Carte d'occurrence du Criquet pèlerin grégaire, par région naturelle.

3.5.8. Présence de larves grégaires

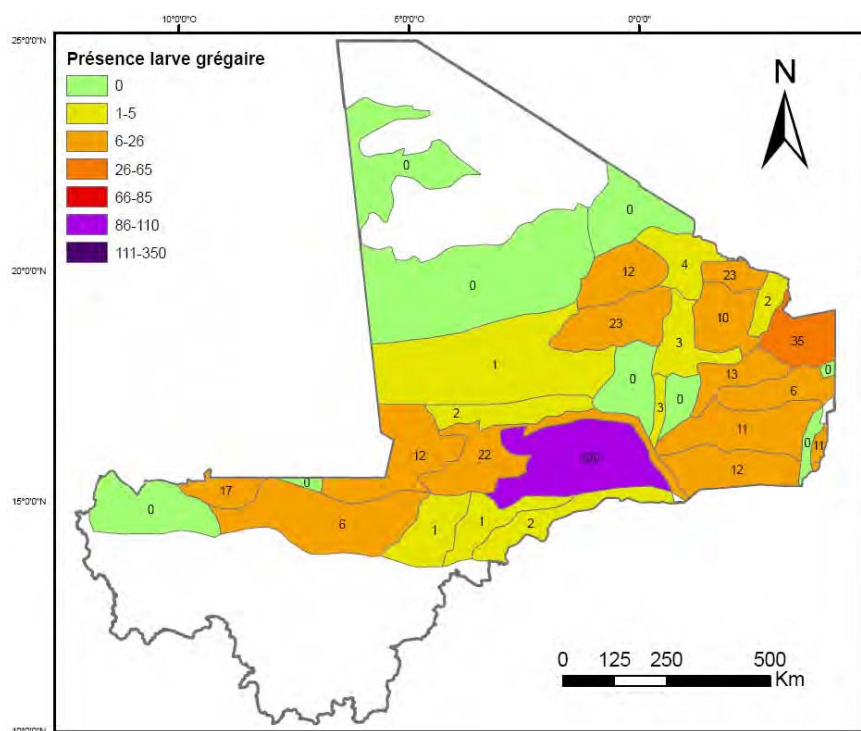


Figure 36 : Carte d'occurrence des larves de Criquet pèlerin grégaire, par région naturelle.

3.5.9. Présence de larves solitaro-transiens

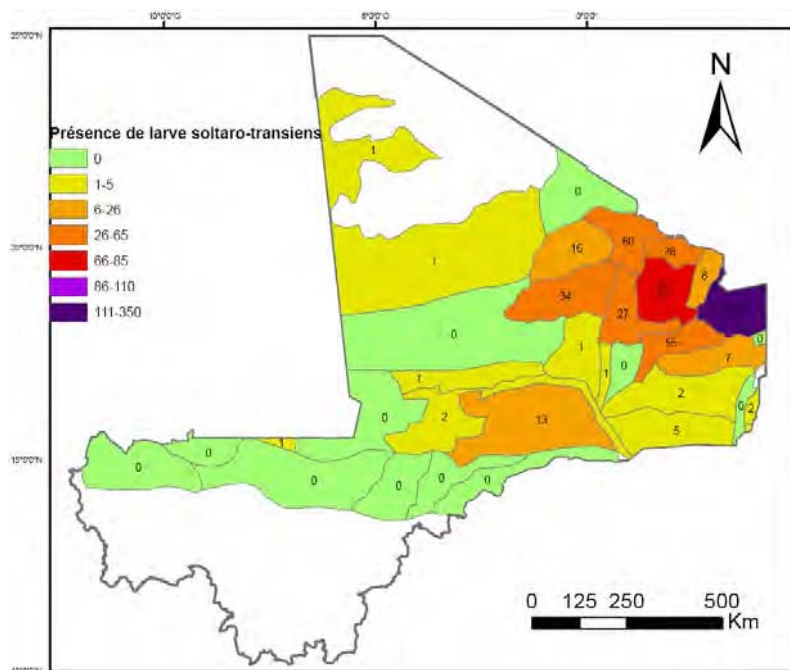


Figure 37 : Carte d'occurrence des larves de Criquet pèlerin solitaro-transiens, par région naturelle.

3.6. OCCURRENCE GÉOGRAPHIQUE EN FONCTION DES SITUATIONS ACRIDIENNES

3.6.1. Occurrence des larves solitaires en période de rémission

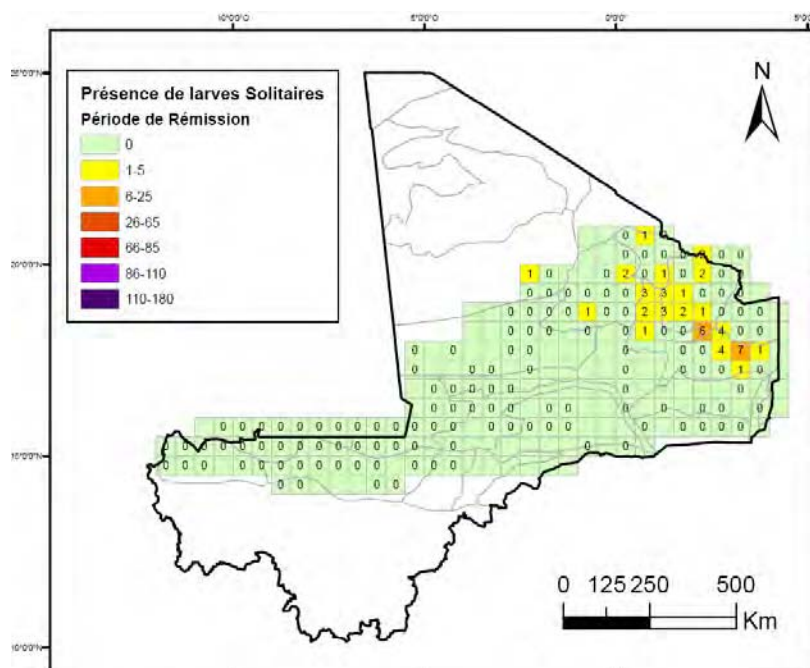


Figure 38 : Carte d'occurrence des larves de Criquet pèlerin solitaire, en période de rémission.

3.6.2. Occurrence des solitario-transiens en période de rémission

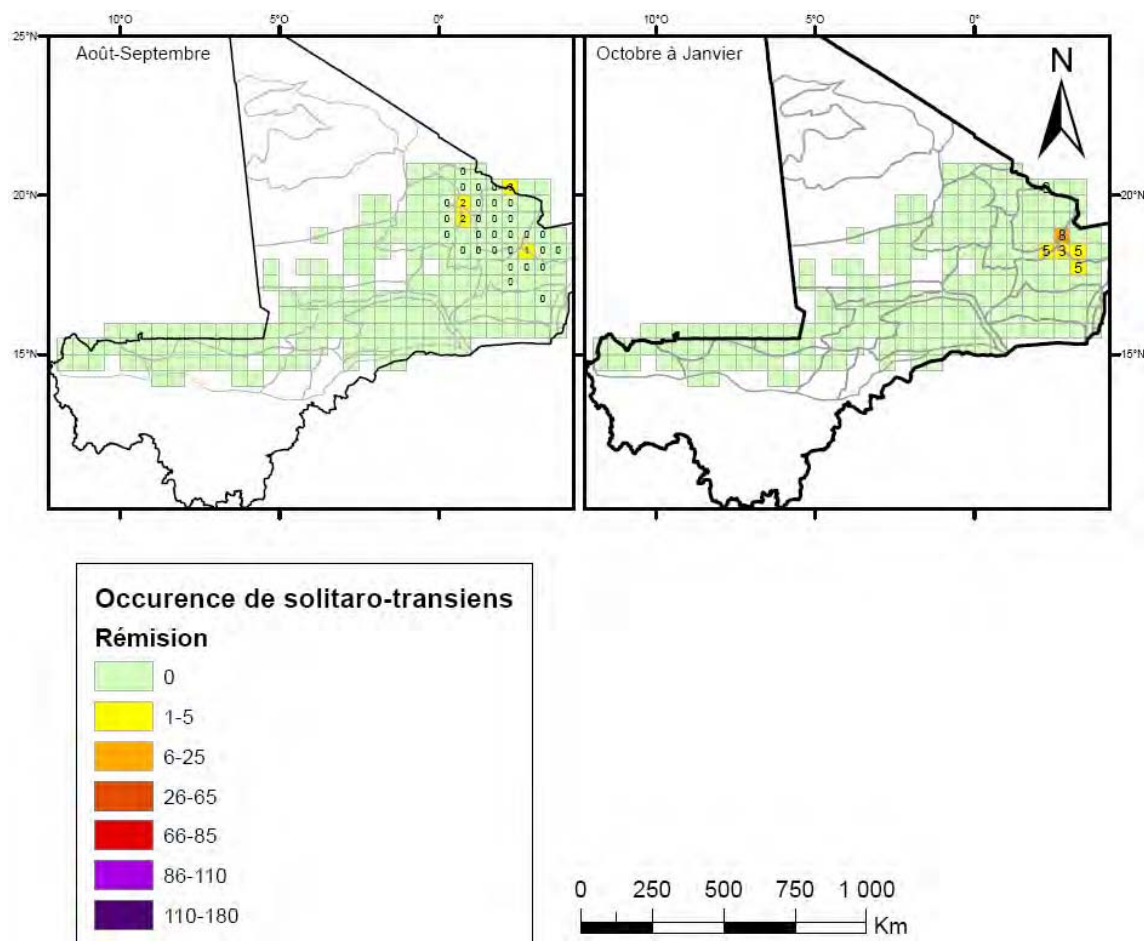


Figure 39 : Cartes d'occurrence du Cricquet pèlerin solitario-transiens, en période de rémission.

Août à septembre

Seuls quatre quarts de degré carré présentent une occurrence de Cricquet pèlerin solitario-transiens, de 1 à 5. Le Timétrine présente deux quarts de degré carré, Bouressa 1 et la frontière Tamesna Agala 1.

Octobre à janvier

La présence de solitario-transiens est localisée dans la zone du Tamesna. Cinq quarts de degré carré présentent des signalisations. La plus grande fréquence (8) se trouve dans le Tamesna à Amechekancher. Cette importante zone de présence de solitario-transiens est localisée à la partie sud du Tamesna frontière Agala.

3.6.3. Occurrence des solitaires en période de rémission et de résurgence

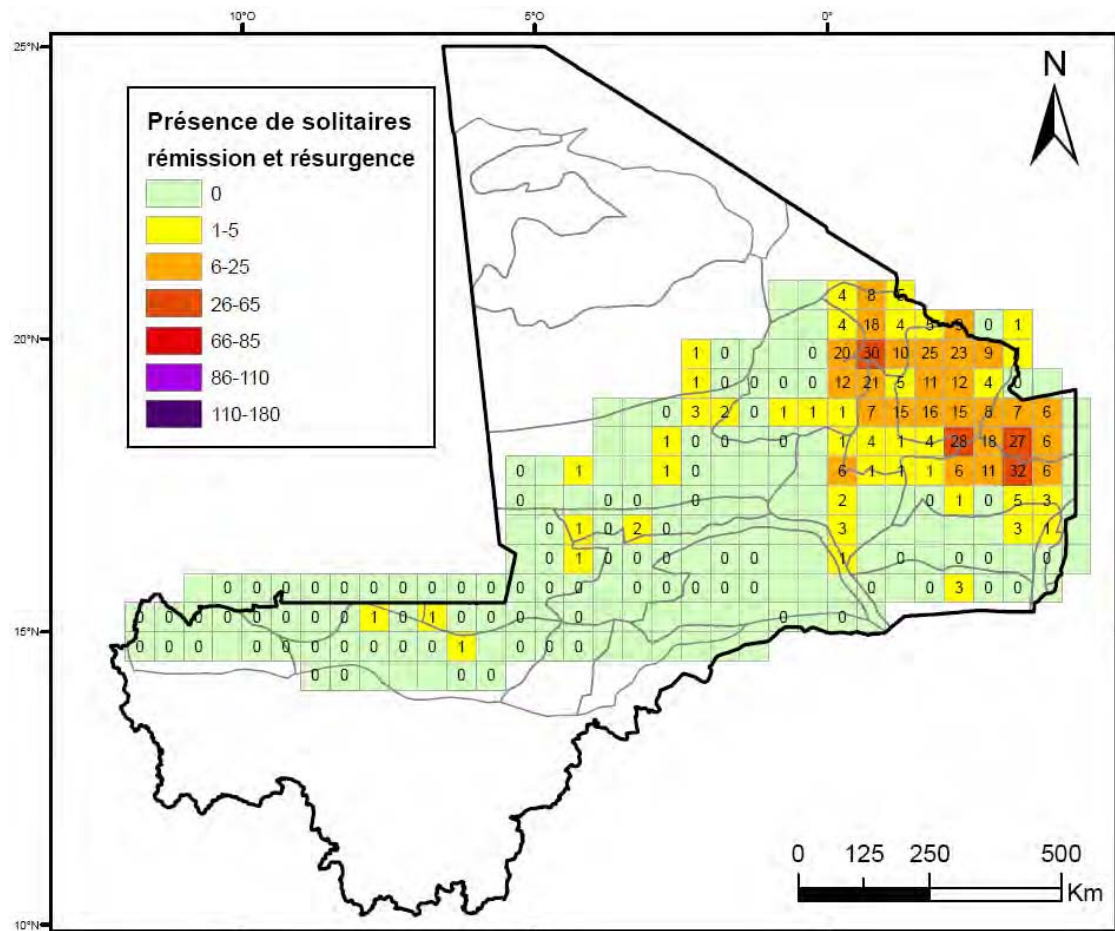


Figure 40 : Carte de distribution du Criquet pèlerin solitaire, en période de rémission et de résurgence.

On observe une importante dispersion des solitaires sur l'ensemble de la partie nord du pays. Le nord-est se caractérise par un nombre élevé de signalisations. Le Tamesna présente 8 quarts de degré carré dont la moitié avec une fréquence de 6 à 25. Une jonction est faite avec l'Adrar sur 4 quarts de degré carrée, jusque dans la vallée de Bouréssa. Le Timétrine et la vallée du Tilemsi témoignent de la présence de solitaires. Une large bande se forme du Timétrine jusqu'au Tamesna, et montre le passage des solitaires d'une zone à l'autre.

3.6.4. Occurrence de grégaires en période d'invasion

Du 21^{ème} au 14^{ème} parallèle, toute cette zone est infestée par le Criquet pèlerin grégaire. La bande sahélienne est largement affectée. Elle présente deux quarts de degré carré avec une fréquence élevée, de 26 à 65, dans le Gourma de Gao.

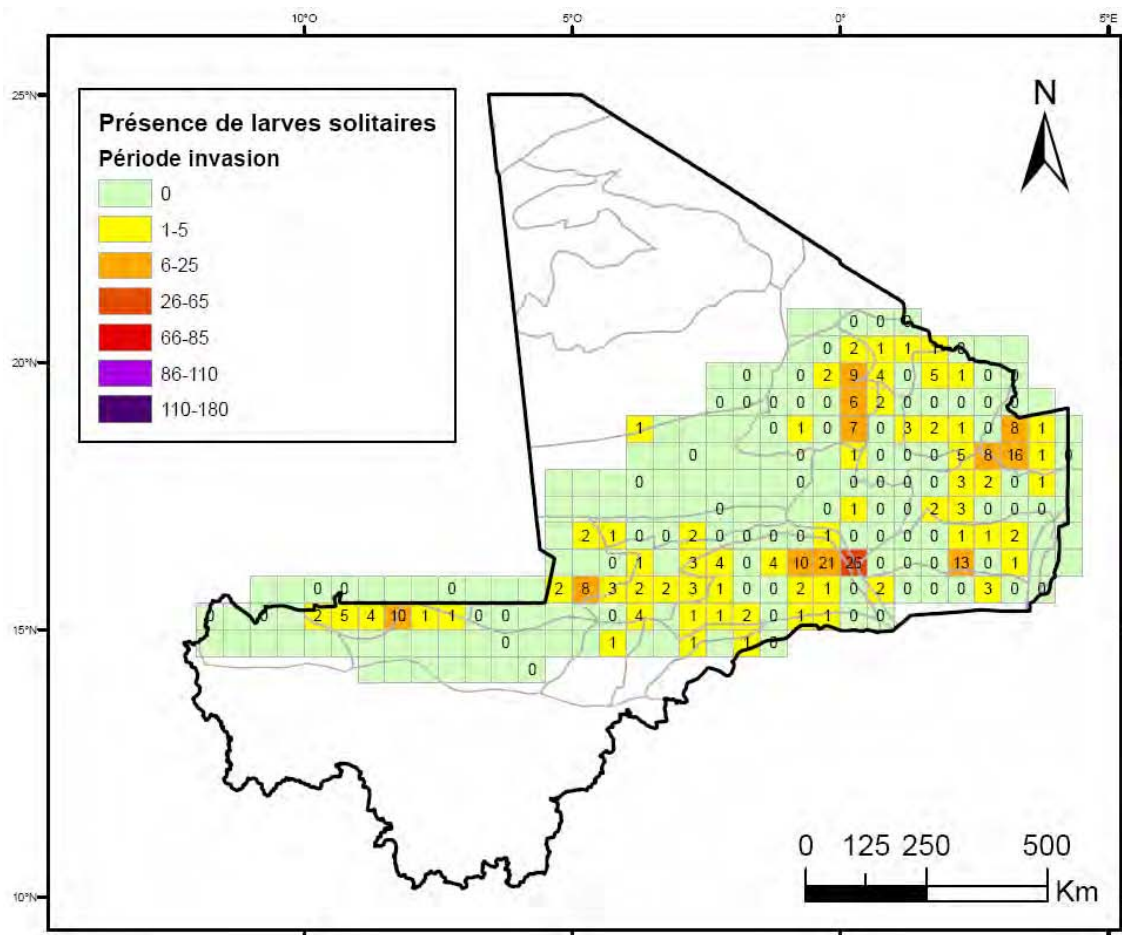


Figure 41 : Carte de distribution du Cricquet pèlerin grégaire en période d'invasion.

3.7. CARACTÉRISATION DE ZONE DE HAUTE FRÉQUENCE ACRIDIENNE

Les zones à hautes fréquences acridiennes les plus intéressantes pour cibler les opérations de lutte préventive sont les zones de développement des populations en phase solitaire ou *transiens* à cause de leur importance dans le développement des départs des recrudescences et invasions.

Cinq zones de hautes fréquences de solitaires, tous stades confondus, se dessinent dans le pays au cours de cette étude. La plus importante est située dans le Timétrine et surtout dans sa limite avec la vallée du Tilemsi du côté d'Aguelhok au nord-est du pays. Trois autres sont également situées dans le nord-est, avec l'Adrar des Iforas du côté de la frontière algérienne, le Tamesna vers la frontière nigérienne et le Gourma de Gao se situant au dessous du 17^{ème} parallèle dans le Sahel des pâturages.

3.7.1. La zone du Timétrine

Cette zone englobe l'ensemble des affleurements rocheux qui bordent la partie nord-ouest du fossé du Tilemsi entre le 19^{ème} et le 20^{ème} parallèle et 0° à 1° est.

La zone est assez complexe avec un substrat diversifié, une mosaïque d'affleurement rocheux, de petites zones d'épandage locales et de plaques d'ensablement plus ou moins puissantes. Cette structure contribue à diversifier les types de biotopes tant sur le plan de leur distribution que celui de leur évolution temporelle. Les conditions de développement sont variées pour le Criquet pèlerin solitaire et évoluent en fonction de la pluviométrie (Duranton & Launois, 1982).

Le Criquet pèlerin solitaire est présent dans cette zone pendant toute l'année de façon très disparate. De janvier à mai, la présence est très faible. A partir du mois de juin, en cas de pluies précoces, la zone commence à recevoir des criquets solitaires. Le mois d'août est la période où on assiste à une arrivée massive de Criquet pèlerin solitaire qui effectue sa première reproduction.

Les larves ne sont observées qu'à partir du mois de Juin. Elles suivent une évolution croissante jusqu'en octobre et de novembre jusqu'en janvier où on assiste à leur disparition.

En période de rémission, on constate une présence de larves solitaro-*transiens* dans deux quarts de degré carré contigus entre août et septembre.

En période de rémission et de résurgence, l'analyse suivant les régions naturelles montre une occupation importante des bordures du Timétrine vers le Tilemsi. Une forte concentration de Criquet pèlerin solitaire est en chevauchement entre le Timétrine et la vallée du Tilemsi.

3.7.2. La zone de l'Adrar des Iforas

L'Adrar des Iforas regroupe un ensemble de relief montagneux au nord est du Mali. Il forme l'extrême sud ouest du massif du Hoggar. Il est le point de départ de nombreux oueds qui offrent des conditions favorables au Criquet pèlerin tant à au niveau des bassins de collecte qu'aux abords des montagnes dans les bassins de transit et d'accumulation des eaux. Son fonctionnement est décalé dans le temps par rapport au Timétrine et survient dès l'arrivée des premières pluies.

La présence des ailés solitaires survient à partir du mois de juin sur 3 quarts de degré carré de 1 à 5 d'occurrence et trois autres de 6 à 25 d'occurrence. Le pic est atteint en juillet avec une occurrence d'un quart de degré carré de 26 à 65, deux de 6 à 25 et 4 de 1 à 5. Du mois d'août jusqu'en décembre, on assiste à une dispersion des ailés sur une superficie plus grande et enfin une réduction importante en janvier.

La présence de larves dans cette région est très faible en janvier, un seul quart degré carré situé dans le bassin de Bouréssa avec une occurrence de 1 à 5. En juillet, de nombreuses larves sont signalées avec une occurrence de 6 à 25. Elles correspondent à la première reproduction. Cette tendance se poursuit jusqu'en novembre (2^{ème} reproduction) mais avec une fréquence moindre et plus dispersée sur l'ensemble de la région.

L'analyse suivant la carte des régions naturelles montre que seul un quart de degré carré ne présente aucune signalisation de Criquet pèlerin. Sur l'ensemble de la période d'étude, deux pôles se forment autour du point à fréquence nulle. Il s'agit de l'extrême nord d'Adrar des Iforas (Bouréssa) et du Sud-Adrar des Iforas (vers Agala). A ce point une zone transversale se dessine du côté du Tilemsi. Ces différentes zones constituent les points à hautes fréquences avec une occurrence de 6 à 25.

Le Bassin de Bouréssa présente des surfaces importantes de biotopes colonisables par le Criquet pèlerin. Elles sont formées essentiellement par des lits d'oueds sableux et des réseaux

d'écoulement, auxquels il faut ajouter les grands collecteurs soumis à un alluvionnement argileux et qui peuvent être assimilés à des zones d'épandage internes au bassin versant. Ces biotopes sont écologiquement complémentaires pour l'acridien qui le colonise à des périodes différentes de l'année en fonction de la tombée des pluies et de leur redistribution le long des oueds.

3.7.3. La zone du Tilemsi

Suivant la carte des régions naturelles, le Tilemsi est divisé en trois parties. Le haut Tilemsi qui correspond à la partie nord constitue une zone d'ensablement important souvent dépourvue d'écoulement de surface. Il existe de nombreux petits oueds plus ou moins importants qui redistribuent l'eau de la zone. Toutefois, il existe un important effet de remontée capillaire (nappe aquifère), induisant parfois des conditions favorables à la reproduction de l'insecte.

Sur 7 quarts de degré carré que compte la zone, 3 présentent des signalisations de solitaires. Un foyer important se dégage situé à la jonction avec l'Adrar des Iforas en janvier.

En juin, seul un quart de degré carré ne fonctionne pas. Il se situe à la frontière Mali Algérie. On assiste à la formation d'un nouveau foyer de reproduction aux frontières du Timétrine vers le nord-est. Deux quarts de degré carré ont une fréquence importante de 6 à 26. Au mois d'août, la zone connaît une expansion très importante, un foyer se forme au voisinage du Timétrine.

La seconde partie constitue la vallée du Tilemsi, situé entre le haut et le bas Tilemsi est caractérisée par la présence d'une vaste zone de concentration des eaux collectées par les oueds Ibdeken, Erachet, Edjerir nord et sud (versant sud de l'Adrar des Iforas) auxquelles il faut ajouter les apports édaphiques en provenance du secteur septentrional.

Cette zone devient active à partir du mois de juillet. Une bande se dessine le long de la vallée avec une occurrence de 5 à 25 pour deux quarts de degré carré sur les quatre dont un seul ne présente aucune signalisation. En août, elle est entièrement colonisée par le Criquet pèlerin solitaire.

La troisième zone, du côté d'Anéfis, constitue une zone d'épandage soumise à un régime tropotrophe très accusé influant sur l'évolution du sol. C'est une zone sablonneuse qui ne présente pas beaucoup d'intérêt pour le Criquet pèlerin.

3.7.4. La zone du Tamesna

Le Criquet pèlerin solitaire fait son apparition dans cette zone plus tardivement, à partir du mois d'août avec une occurrence de 1 à 6 pour 3 quarts de degré carré. Cette tendance se poursuit d'octobre jusqu'en décembre où elle atteint son pic avec un quart de degré carré de 1 à 65, situé entre le 18^{ème} et le 19^{ème} parallèle et 3° et 4° est. Quatre autres quarts de degré carré ont une fréquence de 1 à 25.

Le Tamesna est donc le site privilégié pour la deuxième reproduction du Criquet pèlerin solitaire. C'est aussi ici que les phénomènes de transformation phasaire sont les plus fréquents (présence de larves solitaro-*transiens* entre octobre et janvier).

3.7.5. La zone du Gourma de Gao

Cette zone est la limite sud de colonisation des larves solitaires. Mais c'est surtout les larves *transiens* qui colonisent le Gourma. Les larves grégaires s'y reproduisent aussi.

Le Gourma de Gao constitue donc une sorte « d'aire transitoire » à la limite des zones de reproduction traditionnelles des solitaires, pour les populations ayant déjà amorcées leur transformation phasaire.

3.7.6. Conclusion

Les zones à haute fréquence de solitaires au nord du Mali sont : Le Timétrine, la Vallée du Tilemsi, l'Adrar des Iforas et le Tamesna. Ces quatre régions sont susceptibles d'accueillir l'insecte à partir du mois de juin jusqu'en décembre.

Elles fonctionnent qu'elle que soit la période en (rémission, résurgence ou invasion). Selon Popov (Popov, 1982), la clé du Criquet pèlerin se trouve dans l'Adrar des Iforas. Cette zone reçoit la quasi-totalité des apports de solitaires d'Algérie en mai - juillet et peut recevoir des Criquets pèlerin allochtones de l'ouest comme de l'est.

La carte des solitaro-*transiens* en période de rémission fait ressortir également ces différentes zones. Une cinquième région au sud vient s'ajouter à ces 4 régions, il s'agit du Gourma de Gao à la limite du Sahara et du Sahel.

3.8 LE CYCLE BIOLOGIQUE DU CRIQUET PELERIN SOLITAIRE AU MALI

Le cycle biologique du Criquet pèlerin au Mali commence au début de la saison des pluies en juin, Le début de cette période estivale est caractérisé par l'arrivée d'ailés allochtones en provenance du sud de l'Algérie (issus de la reproduction hivernale dans le Maghreb). La partie septentrionale du pays, entre le 19^{ème} et le 20^{ème} parallèle, l'Adrar des Iforas, reçoit les premiers insectes. Ces individus vont se maintenir dans ce véritable château d'eau qui reçoit quelques pluies. La première reproduction s'y déroule entre juin et septembre, avec un pic de présence de larves au cours du mois de juillet. La génération issue de cette reproduction peut, lorsque les conditions deviennent défavorables, migrer plus au Sud au-delà du 15^{ème} parallèle dans le Gourma de Gao.

Au mois d'août la reproduction continue avec une extension progressive vers le sud dans le Sahel (Gourma) et le sud-ouest vers la frontière Mauritanienne. Du 21^{ème} au 14^{ème} parallèle, le Criquet pèlerin est présent sur l'ensemble de son aire de dispersion au Mali. Il s'agit ici d'une augmentation importante de signalisations aussi bien de larves que d'ailés.

A partir du mois de septembre les insectes se déplacent vers le nord-est de façon progressive et importante.

En octobre, les populations se maintiennent dans le Nord avec un déplacement progressif vers le Nord-est dans l'Adrar des Iforas et surtout le Tamesna. La seconde génération se met en place. Celle-ci se développe davantage au nord est du pays.

En novembre, l'extension des populations d'ailés et de larves est identique mais leur fréquence augmente. L'ensemble du Tamesna est alors occupé par le Criquet pèlerin.

Au mois de décembre la distribution est très restreinte et s'étire dans le nord-est du pays à la frontière avec le Niger (continuité orientale du Tamesna). Cette période ne semble plus favorable au solitaire pour se reproduire. Cependant la partie orientale et basse du Tamesna peut encore bénéficier des conditions exceptionnelles d'humidité (redistribution tardive des eaux et période de froid) qui permet le maintien d'une végétation verte et donc de populations imaginale.

En janvier, les insectes se font rares. Les individus observés au cours de cette période sont situés dans les localités de l'Adrar des Iforas et le Tamesna.

A partir de février jusqu'au mois de Mai, les signalisations sont très faibles. Il n'y a aucune larve et les rares imagos sont dispersés.

Le Criquet pèlerin *solitario-transiens* en période de rémission est observé dans le Timétrine, l'Adrar des Iforas particulièrement dans le bassin de Bourréssa et dans la vallée du Tilemsi entre août et septembre. D'octobre à janvier, on les retrouve uniquement dans le Tamesna.

Au final, le Criquet pèlerin réalise deux générations par an au nord du Mali. Ce qui correspond avec les affirmations de Duranton et Launois (1982), parlant 2 à 3 générations annuelles.

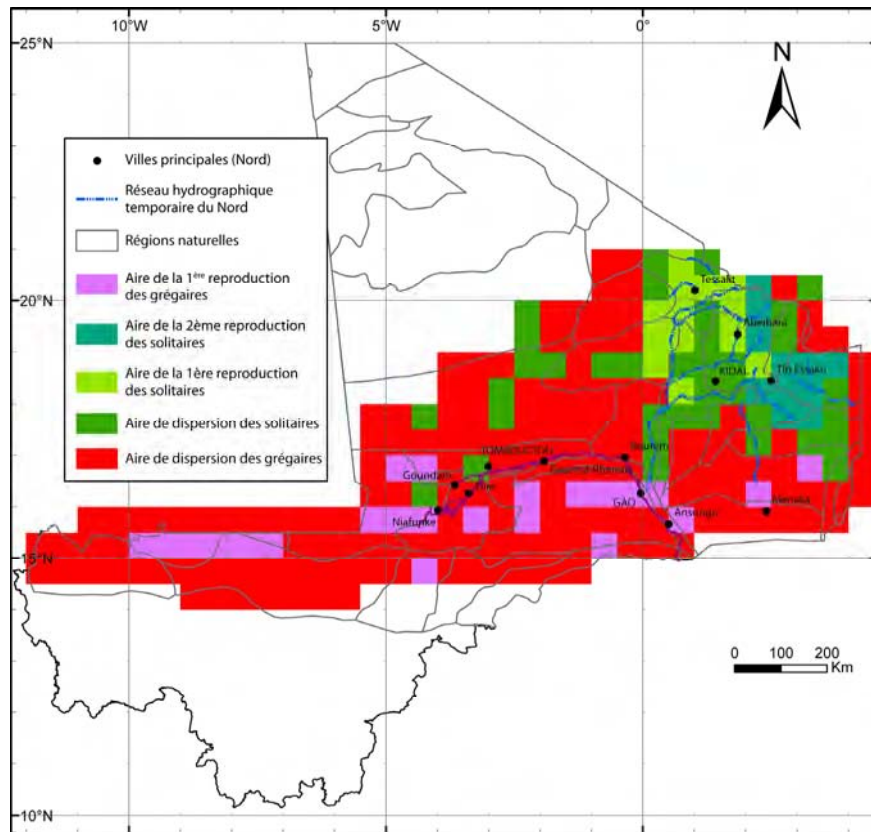


Figure 42 : Aire de distribution du Criquet pèlerin au Mali.

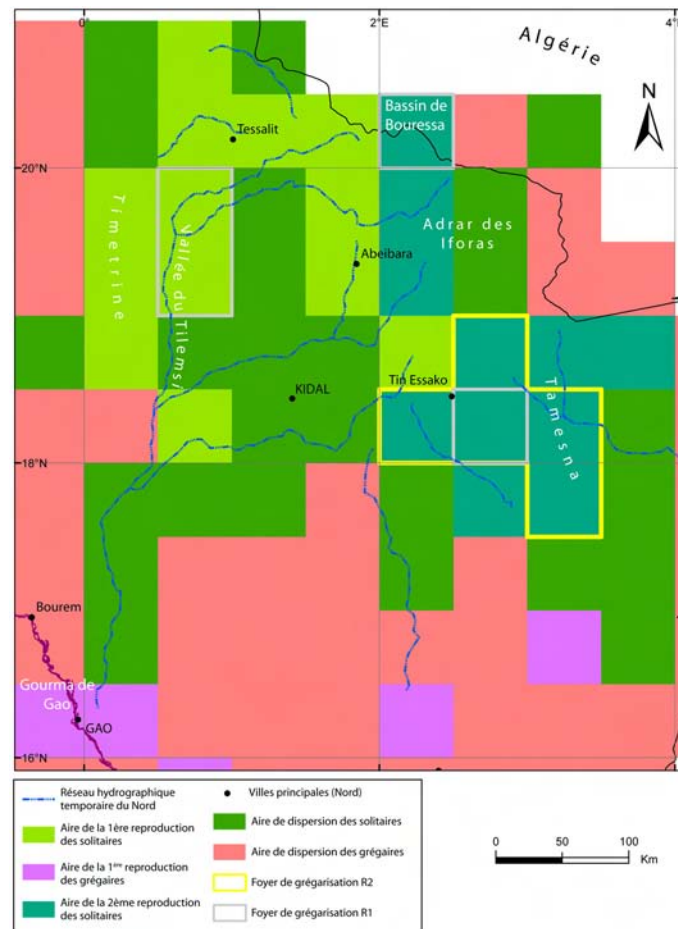


Figure 43 : Foyers de grégatisation du Criquet pèlerin au Mali.

4. DISCUSSION

4.1. LIMITES DE L'ÉTUDE

Les résultats issus de cette étude restent bien sur à être approfondis. Plusieurs points faibles ressortent de cette étude :

- L'insuffisance du nombre de relevés (5909) sur 42 ans. Ce qui est bien peu comparé aux 53 000 enregistrements saisis en Mauritanie.
- L'inégalité temporelle dans la répartition des échantillons :
 - le nombre de relevés est plus important en période d'invasion et de déclin.
 - Plus de la moitié des enregistrements a été effectué entre 2003 et 2006.
 - Quantité énorme de relevés après chaque période d'invasion (déclin). En effet les moyens indispensables aux prospections arrivent le plus souvent lors du déblocage des crédits, c'est à dire après les grandes invasions (figure 12).
- Le croisement entre les présences acridiennes et des données de végétation, de morpho-pédologie ou de météorologie n'a pas pu être réalisé faute de données pertinentes à notre échelle de travail.

Toutefois le travail réalisé ici a permis de cartographier et de matérialiser pour la première fois les ensembles complémentaires du Criquet pèlerin au Nord du Mali. Quelques acridologues avaient avancé des hypothèses sur la dynamique spatio-temporelle de l'insecte, mais aucune recherche n'avait jusqu'alors permis d'étayer ces propos. C'est tout l'intérêt de notre étude qui a confirmé, délimité et hiérarchisé les zones de prospections au nord du Mali.

4.2. IMPLICATIONS OPÉRATIONNELLES

4.2.1. Au niveau du Mali

Grâce aux connaissances nouvelles apportées par notre étude, obtenues à partir d'analyse cartographique (fréquences spatio-temporelles) des données d'archives, les enseignements suivants apparaissent :

- les schémas de la dynamique saisonnière et spatiale locale du fléau acridien en fonction des phases ou de la situation acridienne globale : rémission, résurgence, invasion, déclin, sont affinés.
- des éléments nouveaux sont disponibles pour faire la localisation saisonnière des populations acridiennes au Mali.
- des bases fiables sont disponibles pour une meilleure planification du calendrier saisonnier de prospection et le déploiement du dispositif de lutte préventive.
- ces informations constituent une aide pratique à la décision et aux stratégies d'intervention et de lutte dans l'ensemble du pays par l'amélioration et la rationalisation des opérations de prospection, de surveillance et de lutte.

Ainsi l'identification des quatre zones de hautes fréquences associée à un calendrier de fonctionnement écologique et acridien peut avoir une incidence immédiate sur l'élaboration et la mise en œuvre des plans d'action des campagnes de surveillance et d'intervention. L'ensemble de ces connaissances peuvent permettre une meilleure planification des opérations de lutte en

minimisant au maximum le coût de chaque campagne par une utilisation judicieuse des moyens, déjà insuffisants, mis à la disposition du CNLCP. Les coûts de prospections et le nombre des équipes pendant certains mois en période de rémission ou de fin de recrudescence peuvent être sensiblement réduits.

L'enchaînement des deux reproductions dans le temps et dans l'espace a clairement été mis en évidence. De plus la plus forte fréquence de solitaro-*transiens* lors de la 2^{ème} reproduction (Tamesna et Ouest Adrar des Iforas) permet de comprendre l'intérêt pour l'insecte de l'enchaînement de ces deux reproductions. La première reproduction permet certaines années au Criquet pèlerin solitaire de constituer des effectifs importants sur des surfaces relativement vastes. Les phénomènes de densations sont rares et dispersés. La deuxième reproduction peut aussi renforcer les effectifs, mais offre surtout des surfaces plus restreintes (zones d'épandages encore vertes du Tamesna) et en cours de dessèchement. Elle impose au Criquet pèlerin des regroupements sur des sites privilégiés et permet donc le déclenchement de la transformation phasaire. Autrement dit, pendant les premiers mois des campagnes estivales (Launois-Luong, 1995) des périodes de rémission et de résurgence, les populations solitaires restent généralement dispersées à cause de l'étendu de la végétation et ne commencent à se regrouper et représenter un danger qu'en octobre.

Par conséquent la surveillance n'a pas besoin d'être intensive en début de période et donc un nombre réduit d'équipes serait suffisant pour assurer la surveillance : environ 4 équipes au lieu de 6. Cette éventualité n'est valable que pour les périodes déjà précitées et en l'absence d'arrivée de populations allochtones.

4.2.2. Au niveau régional

En cas d'invasion, d'autres mesures doivent être envisagées en vu de circonscrire tout autre départ à partir du Mali. Cela doit être géré sur un plan sous régional voir international par l'élaboration d'un plan d'action adéquat et de stratégie prenant en compte la dimension internationale. A cet effet, la FAO reste l'organe international compétent pour déclencher l'alerte précoce des pays affectés, avec la collaboration de l'ensemble de ces pays qui doivent assumer leurs responsabilités de prospections et de surveillance de leurs zones de reproduction respectives mais aussi en fournissant des résultats obtenus lors de leurs opérations.

L'apparition des populations solitaires en juin montre clairement l'interdépendance entre le Mali et ses voisins proches dans la sous-région : pays sahéliens de la zone de front, mais aussi pays du Maghreb. Selon Babah Ebbe (2008), le Mali est, pour la Mauritanie, la principale source d'invasion ou de transit (Sahel - pourtour de la mer Rouge). Le Mali reçoit les populations en provenance d'Algérie en début de campagne (juin) et d'autres en provenance du Niger en fin de campagne (octobre). Ce qui fait de lui un pays clé dans la stratégie régionale globale de la lutte antiacridienne. L'interconnexion régionale entre ses 4 pays (Mauritanie, Algérie, Mali et Niger) reste encore à étudier en détail pour avoir une vision globale de la redistribution des populations et ainsi mieux comprendre les potentialités de multiplication (1^{ère} reproduction) et de regroupement (2^{ème} reproduction) des populations solitaires. A ce jour, l'absence d'études approfondies sur la dynamique spatio-temporelle des populations de Criquet pèlerin au niveau du Sahel constitue un handicap sérieux pour la compréhension et la maîtrise des démarrages d'invasions.

4.3. TRAVAUX FUTURS À ENVISAGER

La finalité globale de nos travaux est toujours de mieux orienter les prospections indispensables à la lutte préventive. Une étude au niveau des quarts de degré carré ayant la plus grande fréquence de solitaires s'avère maintenant nécessaire pour véritablement améliorer la lutte préventive.

4.3.1. Une délimitation actualisée et précise des régions naturelles

La délimitation des régions naturelles utilisée date de 1982 et mérite d'être revue en profondeur. Nous avons vu l'importance de 4 régions majeures qu'il faudrait maintenant redécouper plus finement. Des outils modernes sont actuellement disponibles, notamment les Modèles Numériques de Terrain (MNT), données satellitaires qui donnent l'altitude, qui permettent de délimiter les bassins versants. Il serait alors possible de comprendre bien plus précisément l'enchaînement des reproductions le long des oueds dans l'Adrar des Iforas en fonction de la redistribution des eaux sur les profils. Si un réseau fonctionnel d'oueds arrive à être dessiné avec précision, il serait même envisageable de prévoir la redistribution à venir (sur une décade ou un mois) des eaux en fonction des pluviométries enregistrées en haut des bassins versants.

Cette délimitation des régions naturelles est indispensable, c'est le maillon entre la région sahélienne du nord du Mali et le biotope acridien. Outre les bassins versants, ce découpage devra prendre en compte la morpho-pédologie (fondamentale en zone saharienne) et le climat mais le réseau météorologique semble trop lâche pour effectuer un découpage précis).

La chorologie végétale peut être particulièrement utile pour affiner le découpage. En effet certaines espèces ont des affinités climatiques ou pédologiques connues, ce qui permet de tracer des limites écologiques majeures. Ce travail peut être fait à partir de la base de données constituée pendant ce stage. En effet de nombreuses données sont encore inexploitées mais peuvent être utiles par la suite.

4.3.2 Télédétection et lutte antiacridienne

L'avancée des nouvelles technologies a impulsé une dynamique nouvelle dans tous les domaines de la recherche à l'opérationnel. Depuis toujours, la lutte antiacridienne utilise aussi les nouveaux outils disponibles. De l'utilisation des aéronefs, aux formulations Ultra-Bas Volume, aux premiers eLocust jusqu'à la dernière génération eLocust2, la lutte contre le Criquet pèlerin ne cesse de mettre en place des moyens plus efficaces pour la prévention du fléau.

Les premières applications de la télédétection ont été réalisées par la FAO à partir des années 1976 (Hielkema, 1977). Les satellites ne permettent pas d'observer le Criquet pèlerin, mais d'identifier les conditions favorables à son développement dans son habitat. Selon les études de Pasquier (1972) et Abdallahi *et al.* (1979), il est possible de se servir de différents procédés de télédétection et des techniques spéciales de traitement des données associées à des interprétations écologiques et biogéographiques, pour dresser une carte des aires potentielles de rémission, de reproduction et de grégarisation du Criquet pèlerin.

Ainsi une première carte des biotopes du Criquet pèlerin au Nord du Mali a été réalisée par Voss & Dreiser (1994). Ce travail constitue un premier essai intéressant, mais qui manque de précision. Le problème majeur est que les entités délimitées ne correspondent pas à des

entités discriminantes pour l'insecte. Il faut donc revoir en profondeur les types de biotopes à identifier.

Ghaout (1990) a mis en évidence le suivi des biotopes à Criquet pèlerin par la télédétection.

La télédétection pourrait permettre d'affiner et de rationaliser les prospections. Elle constituerait un complément aux prospections terrestres au Mali dans les zones perpétuellement sous tension (insécurité).

La FAO procède actuellement au suivi des zones de végétation par télédétection (Ceccato *et al.*, 2007). Le suivi de l'aire grégarigène se fait au niveau de Rome ainsi que dans les pays concernés grâce aux images satellites à moyenne résolution (MODIS) qui fournissent des informations sur:

1. des estimations de précipitations,
2. des estimations de présence de végétation.

La FAO fournit au CNLCP ainsi qu'aux utilisateurs dans les pays concernés, les images satellites pour surveiller les précipitations de façon journalière, à dix jours, et mensuelle ainsi que le suivi de la végétation à moyenne résolution (250m) grâce aux images MODIS. Ces données sont accessibles gratuitement via le site internet de l'IRI.

La télédétection représente donc depuis 30 ans un énorme potentiel pour appuyer le suivi des aires grégarigènes. Mais, à ce jour, aucune application opérationnelle ne permet d'orienter avec une précision suffisante les équipes au sol. Il s'agit donc d'affiner l'approche, sans doute en précisant la maille de recherche : le biotope acridien. La délimitation spatiale et temporelle des biotopes acridiens mérite d'être effectuée dans l'ensemble des Aires de reproduction au Mali. Il faudrait tout d'abord utiliser des images à haute résolution spatiale (pixel compris entre 10 et 30m) pour obtenir les limites géographiques des biotopes. Ensuite les données transmises par la FAO mériteraient d'être calibrées en fonction de la réalité de terrain du Nord Mali. Elles pourraient alors être utilisées pour identifier l'activité des biotopes pour une décade ou un mois donné.

Un tel projet est très ambitieux et prendra certainement plusieurs campagnes à être mis en œuvre avant de devenir opérationnel. Mais il est très prometteur. Le problème actuel demeure l'accessibilité des zones afin de valider les informations transmises par les images satellitaires. Mais dès à présent notre étude a identifié les degrés carrés de haute fréquence. Il s'agira alors d'y apprécier avec des images satellitaires, les biotopes présents.

D'autres sources de données, comme les images radar "active microwave" ne sont pas encore utilisées de façon opérationnelle. Pour le moment seuls les "passive microwave" sont utilisées pour l'estimation des précipitations et le visible, proche infrarouge et proche infra rouge moyen sont utilisés pour le suivi de la végétation.

4.3. CONTRAINTES ET DIFFICULTÉS

La difficulté majeure au cours de cette étude a été l'accès aux archives. De nombreuses informations existent au Mali, à Bamako (OPV, CNLCP) à Gao ancienne base de l'OCLALAV et à Dakar au Sénégal au Siège de l'OCLALAV. Les données recueillies sont éparpillées et très hétérogènes.

Étant donné l'hétérogénéité spatiale et temporelle de la dynamique des populations du Criquet pèlerin et la faiblesse des densités de populations de solitaires, il est indispensable de recouper des observations de terrain de plusieurs époques pour avoir une vision globale du cycle selon les différentes phases. Or les données sur les grégaires que nous avons collectées concernent quasi-uniquement la dernière invasion (2003-2005), donc un cas particulier. Il faudra d'autres données d'archives ou futures pour avoir une vision réellement synoptique de la situation nationale pour les 3 phases.

CONCLUSION

Les archives sur le Criquet pèlerin constituent un bien précieux qui mérite d'être mis d'avantage en valeur. Cette étude est une première pour la valorisation de toutes les informations accumulées pendant plus d'une trentaine d'années par les chercheurs et les prospecteurs qui ont sillonné le Nord du Mali.

Nous avons constitué à travers ce travail, un référentiel bibliographique de 317 publications sur les acridiens au Mali, qui va servir de base pour les études à venir. Il constitue la première base de données réalisée sur la documentation. Les informations dans les cahiers des prospecteurs et sur les fiches ont été enregistrées sous Access et couplées avec Arc GIS. Ceci constitue la seconde base de données. Cette base de données a servi à produire 6 cartes générales sur le pas de temps annuel et 72 cartes pour le mois. Deux cartes sur les acridorégions sont également disponibles, faisant ressortir les foyers de grégarisations au nord du Mali. Ces cartes constitueront des outils nécessaires dans le cadre de l'amélioration de la prospection au Mali.

Deux principales zones de foyer de grégarisation se dessinent, l'une dans l'Adrar des Iforas dans le bassin de Bourrèssa et l'autre dans le Tamesna. Ces zones doivent constituer les points de surveillances de prédilection pour le centre de lutte contre le criquet pèlerin du Mali.

L'analyse de toutes ses informations a permis de déterminer quatre zones à hautes fréquences de Criquets pèlerins et huit régions naturelles. Toutefois, une étude plus approfondie, mettant l'accent sur la mésologie, est nécessaire pour affiner les acridorégions.

Nous avons déterminé au cours de cette étude les aires de distribution du Criquet pèlerin au Mali par un croisement des données acridiennes. Il est à noter que le nombre réduit de relevés en période de rémission (figure 12) montre le manque de moyens des structures de gestion du ravageur dans les pays du sud du Sahara en cette période. Cependant, une avancée très importante est à souligner, avec la création des Centres de lutte antiacridienne dans les différents pays de la ligne de front et surtout la mise en place d'un organe de coordination de l'ensemble de ces actions, au niveau de la CLCPRO.

ANNEXES

ANNEXE I : LES STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES DU MALI : NORMALE PLUVIOMÉTRIQUE DÉCADAIRE

PLUVIOMETRIE au Mali (mm)

Normale Décadaire

N°	STATIONS	PLUIES DÉCADAIRES				CUMULS A PARTIR DU 1 ^{er} MAI			
		PD08	NJD08	PD07	ND	PC08	NJPC	PC07	CN
1	KAYES	17.0	1	105.9	56.5	298.3	24	464.1	276.5
2	NIORO DU SAHEL	35.5	4	144.0	44.9	302.8	27	285.3	204.6
3	YELIMANE	58.2	4	174.9	41.6	302.2	18	301.7	206.8
4	DIEMA	-9,9	-9,9	81.0	55.6	231.7*	18*	333.4	294.2
5	MAHINA	59.2	4	98.2	62.0	420.7	32	555.0	389.2
6	BAFOULABE	68.0	2	127.0	74.5	368.0	16	382.0	381.3
7	KITA	96.4	4	91.6	82.2	474.3	34	335.9	468.9
8	KENIEBA	28.0	2	123.4	104.3	447.9	26	478.3	519.5
9	KOULIKORO	-9,9	-9,9	129.8	89.5	401.6*	28*	490.2	430.3
10	BAMAKO VILLE	112.9	5	79.8	96.2	721.9	43	354.3	485.6
11	BAMAKO SENOU	83.3	6	42.6	89.9	575.4	42	436.4	460.2
12	SOTUBA	48.1	4	64.6	88.2	457.0	39	491.6	467.9
13	KATIBOUGOU	33.0	3	129.1	89.5	515.8	34	530.0	430.3
14	KATI-HAUT	-9,9	-9,9	78.2	73.1	437.2*	24*	408.1	391.9
15	OUELESSEBOUG,	-9,9	-9,9	84.8	90.1	520.1	29	448.5	519.9
16	DIOILA	85.7	6	106.7	82.7	559.8	37	498.4	446.3
17	BANKOUMANA	60.0	3	45.2	87.1	471.5	32	558.7	475.0
18	KOLOKANI	37.0	2	98.2	67.1	530.7	27	277.5	371.1
19	DIDIENI	98.9	5	111.3	67.1	344.1	31	352.3	371.1
20	NARA	34.3	4	81.1	52.9	321.1	26	344.0	209.3
21	BANAMBA	13.0	2	90.3	67.0	376.1	24	356.9	353.7
22	KANGABA	68.7	5	100.7	77.8	623.6	41	466.7	539.1
23	SIKASSO	89.0	9	116.4	99.3	509.0	53	669.6	580.2
24	BOUGOUNI	130.5	6	65.4	97.5	764.3	47	724.5	587.0
25	YANFOLILA	148.0	4	184.0	84.9	688.0	38	734.0	559.6
26	KOUTIALA	45.4	5	102.6	78.3	404.0	37	534.3	458.9
27	N'TARLA IRCT	73.0	4	296.5	87.7	299.3*	18*	644.1	434.0

28	KADIOLO	51.0	3	82.0	85.2	588.0	28	505.5	522.5
29	KOLON DIEBA	146.0	6	120.0	86.3	834.0	33	640.0	533.2
30	YOROSSO	80.0	3	150.0	56.5	399.0	28	543.0	393.3
31	SEGOU	18.6	4	118.6	66.6	274.4	23	320.1	351.2
32	SAN	24.5	5	133.1	68.3	263.0	28	487.2	365.8
33	KONOBOUGOU	31.0	4	38.0	71.0	224.0	17	408.0	415.5
34	KE-MACINA	22.0	3	120.0	69.8	134.5	10	302.0	233.4
35	BAROUELI	65.0	4	95.0	70.7	205.6	17	405.0	392.8
36	BLA	24.0	2	89.0	65.9	168.5	11	466.0	388.9
37	TOMINIAN	37.0	3	110.0	66.9	254.0	15	414.0	363.1
38	MOPTI	12.8	1	94.4	47.4	316.6	22	329.9	239.5
39	HOMBORI	16.5	2	58.6	31.2	155.1	21	199.4	185.9
40	BANDIAGARA	37.0	2	96.6	50.1	257.7	16	441.1	254.7
41	BANKASS	-9,9	-9,9	55.2	66.9	303.0	16	257.0	305.3
42	DJENNE	67.0	3	89.5	55.3	313.0	25	369.7	285.2
43	KORO	46.0	2	105.4	56.4	319.7	16	300.0	273.8
44	TENENKOU	4.0	1	163.0	24.9	201.0	11	260.0	204.2
45	DOUMENTZA	4.0	1	25.0	39.9	169.6	23	194.0	219.7
46	GAO	7.8	3	43.1	20.0	134.4	17	142.8	102.2
47	MENAKA	17.4	3	24.0	23.1	112.3	15	100.2	116.8
48	ANSONGO	9.6	2	36.2	28.3	102.3	14	185.5	125.0
49	BOUREM	4.0	1	9.0	20.4	42.8	5	9.0	78.8
50	TOMBOUCTOU	1.4	1	9.0	20.5	49.5	6	88.5	89.3
51	G-RHAROUS	-9,9	-9,9	25.0	15.1	-9,9	-9,9	37.0	66.6
52	GOUNDAM	0.0	0	67.0	26.5	132.0	4	87.0	89.7
53	DIRE	0.0	0	40.0	27.3	138.0	6	81.0	112.6
54	KIDAL	4.0	1	8.7	10.7	80.4	8	95.7	62.2
55	TESSALIT	5.3	2	10.0	10.2	33.7	7	44.7	37.2

PD : pluies décadaires

ND : normale décadaire

NJD : nombre de jours de pluie de la décade

* = >200%

CN: cumul normal

SOURCE: GTPA/DNM/BAMAKO

ANNEXE II : FICHES DE PROSPECTION ET DE TRAITEMENT DE L'OCLALAV.

Rapport de prospection OCLALAV du 19 avril 1968.

GROUPEMENT : <u>GAO</u>		RAPPORT DE PROSPECTION		ARRIVÉ LE <u>19 AVR 1968</u>		410.150		ANNEXE V	
EFFECTUE PAR : <u>Moussa Dialla</u>		(avec carte si possible)		N° <u>774</u>		MOYENS DE TRANSPORT : (a) <u>LR 822911</u>			
MOIS : <u>Avr</u> ANNÉE : <u>1968</u>		du <u>25/3/68</u> au <u>7/4/68</u>		PERSONNEL PERMANENT : (b) <u>1 manoeuvre</u>		PERSONNEL SAISONNIER : (c) <u>9 jours grands</u>			
REGION PARCOURUE : <u>TAHESNA</u>		STATIONS ET TERRAINS PROSPECTES							

1 Date	2 Lieux	Conditions Climatiques					8 Déf. Géo	9 Végétation	10 Nature sol et humidité	11 Superf.	12 Densité	13 Adultes Nbre	14 Larves Nbre	15 N°
		3	4	5	6	7								
27/3	In Behihe 18°26'N 2°29'E						oued	Parium sec	sablonneux		10/6	1	-	I
1/4	Laya 17°53'N 3°28'E		E				oued	Schoumia sec	argile-sablonneux	1000h	20/h	-	-	-
1/4	In Tekrane 17°58'N 3°10'E						oued	10 pins fous	frége humide			5	-	II
2/4	In Oussit 18°04'N 3°05'E						oued	Schoumia. Aerva Tribulus sec	argile-sablonneux	20 ha	50/h	-	-	-
2/4	Gelgiet 17°59'N 03°05'E						oued	Schoumia	sablonneux	100 ha	10/h	2	-	III
2/4	In Tekrane 17°58'N 3°10'E						oued	Schoumia. Aerva	sablonneux	30 ha	5/h	3	-	IV

(a) - Type et n° de véhicule

(b) - Nombre et qualité du personnel accompagnant le prospecteur

(c) - Nombre total de jours de saisonniers employés

(2) - Nom et coordonnées

(3) - Pression atmosphérique

4 - Direction et vitesse

8 - Indiquer s'il s'agit d'un Oued, d'une plaine, d'un plateau, d'un bas fond, etc....

15 - Identification du lot qui se retrouve sur fiche sauterelle

Au verso : Observations

T.S.V.P.

410.
n° 476 / 410.1

TRAITEMENTS EFFECTUES PAR EXHAUST SUR LARVES PENDANT LE MOIS DE JUILLET 1968

Date	Lieux et Coordonnées	Stade	Surface traitée	Produits utilisés	densité	Végétation	Sol	Observations diverses
11-7-68 1	TOUNKINE 20°02'N-1°58'E	Larves 1er stade	70 Ha	150 l	500 à 600/m2	panicum-tribulus plantes annuelles		
12-7-68 2	"	" 2ème stade	70 Ha	250 l	250 à 1000/m2	"		
13-7-68 3	"	" 2ème stade	40 Ha					
15-7-68 4	"	" 2ème stade noires pigm. J.c	120 Ha	250 l	"	schoenia début vé- gétation-panicum tribulus sec		Mortalité totale
16-7-68 5	OUED IDEKEL 19°51'N-1°50'E	Larves 1er stade adultes	120 Ha	200 l	300 au m2 50/ à 1'Ha	panicum-cymbopogon schoenia - tribulus		accouplements obser
17-7-68 6	OUED IDEKEL 19°57'N-1°55'E	Larves du 1er au 3ème stade - majo- rité 2ème. Jaunes pigm. de noir	100 Ha	270 l	300 au m2	cymbopogon - tribulus	argilo- sableux mouillé	pluie le 16/7/68.
18-7-68 7	"	Larves du 1er au 3ème stade	18 Ha	50 l	"	"	"	faible pluie les 18/7
19-7-68 8	"	Larves 2 - 3 et 4ème âge	95 Ha	225 l	"	"	"	
20-7-68 9	OUED ANZIMI 19°49'N-1°52'E	Larves 2 et 3ème âge.	20 Ha	55 l	250 à 600 au m2	cymbopogon - tri- bulus- plantes annuelles	argilo- sableux	forte pluie le 18. Humidité au-dessous d 5 cm.
" 10	OUED IDEKEL 19°57'N-1°55'E	Larves 2 et 3ème stade	54 Ha	150 l	300 à 400 au m2			arrivée de bandes pe- venant des petits oued
21-7-68 11	OUED IDEKEL 19°55'N-2° E	Larves 2 au 4ème stade	130 Ha	325 l	"	tribulus - panicum cymbopogon - plan- tes annuelles		
" 12	OUED TEFIST 20° N - 2° 02'E	Larves 2 et 3ème stade	60 Ha	135 l	300 à 600 au m2.	panicum - tribulus plantes annuelles		Mortalité 100 % après 24 heures.
22-7-68 13	OUED BOUESSA 19°56'N-1°57'E	Larves 2 et 3ème stade.	310 Ha	700 l	10 à 20 au m2 très homogènes	cymbopogon - pani- cum - tribulus.	argilo- sableux	Mortalité 90 % 8 heures après traitements
" 14	OUED TEFIST 20°N - 2° E	Larves 2 et 3ème stade	65 Ha	150 l	300 par touffe 350 à 400 touf- fes à 1'Ha.	tribulus - panicum cymbopogon	sablon- neux	
23-7-68 15	OUED TIMARWAREN 20°05'N-2°11'E	Larves 3ème stade	200 Ha	450 l	50 à 100/m2	cymbopogon-panicum plantes annuelles	argilo- sableux	
24-7-68 16	OUED AOUHOU 20°02'N-1°52'E	Larves 3ème stade	160 Ha	400 l	50 à 100/m2	moitié traitement sur cymbopogon-tribulus autre moitié en bordu- re oued sur cailloux.	"	Mortalité 100% au bœ de 12 Heures.
" 17	OUED TIMARWAREN 20°07'N-2°11'E	Larves 3ème stade	60 Ha	150 l	50 au m2	tribulus - plantes annuelles	sablon- neux	"
" 18	OUED TIN TRASH 20°06'N-2°10'E	Larves 3ème stade	50 Ha	125 l	50 au m2	panicum - plantes annuelles	"	"
" 19	OUED BOUESSA 19°58'N-2°04'E	Larves 2 ème stade	20 Ha	50 l	20 au m2	cymbopogon - tribulus	argilo- sableux	"
26-7-68 20	OUED TADELOCK 19°55'N-1°55'E	Larves 3ème stade majorité 4ème "	40 Ha	100 l	30 au m2	panicum - cymbopogon graminées annuelles	sableux	2 bandes en marche vœ de Sud

TOTAL A REPORTER 1.802 HA 4.185 L

Fiche de traitement OCLALAV, juillet 1968.

Fiche standard de prospection en Région occidentale

Pays : *Mali*

Identification de l'équipe et nom du prospecteur : *Moussa Coulibaly*

Date : *18-11-66*

Secteur ou Région d'activité : *Tenachit*

1.	Point d'arrêt	<i>Tileman</i>	<i>AZargai</i>	<i>Ameschesh</i>
1.1	Heure			
1.2	Latitude (DD MM SSS)	<i>20° 35' N</i>	<i>20° 33' N</i>	<i>20° 29' N</i>
	Longitude (DD MM SSS)	<i>00° 57' E</i>	<i>00° 55' E</i>	<i>00° 51' E</i>
1.3	Superficie prospectée (ha)			
2.	Conditions écologiques			
	Biotopie			
2.1	Topographie (Oued, Plaine, interdunes, Cuvette)	<i>O P I CU</i>	<i>O P I CU</i>	<i>O P I CU</i>
2.2	Cultures ou pâturages	<i>C P</i>	<i>C P</i>	<i>C P</i>
2.3	Nature sol (Sableux, Limon., Argil., Caillouteux, Graveleux, Rocheux)	<i>S C A C G R</i>	<i>S L A C G R</i>	<i>S L A C G R</i>
2.4	Humidité du sol (Sec : cm; Humide : cm)	<i>H= S=</i>	<i>H= S=</i>	<i>H= S=</i>
	Conditions météorologiques			
2.5	Température sèche (°C)			
2.7	Hygrométrie (%)			
2.8	Nébulosité (1-8)	<i>1 2 3 4 5 6 7 8</i>	<i>1 2 3 4 5 6 7 8</i>	<i>1 2 3 4 5 6 7 8</i>
2.9	Provenance du vent			
2.10	Vitesse du vent (m/s)			
2.11	Date de dernière pluie			
2.12	Pluie approximative (faible, moyenne, forte)	<i>F M Ft</i>	<i>F M Ft</i>	<i>F M Ft</i>
2.13	Quantité de pluie			
	Végétation			
2.14	Végétation (en Pousse, Verte, Desséchée, Reverdissement, Sèche)	<i>P V D S R</i>	<i>P V D S R</i>	<i>P V D S R</i>
2.15	Densité de végétation (Faible, Moyenne, Dense)	<i>F M D</i>	<i>F M D</i>	<i>F M D</i>
2.16	Espèces annuelles principales	<i>1-2 3 4 5</i>	<i>1-2 3 4 5</i>	<i>1-2 3 4 5</i>
2.17	Espèces annuelles / développement (de 1 à 5)	<i>1 2 3 4 5</i>	<i>1 2 3 4 5</i>	<i>1 2 3 4 5</i>
2.18	Espèces annuelles / couverture (%)	<i>P V D S</i>	<i>P V D S</i>	<i>P V D S</i>
2.19	Espèces annuelles / état de verdure (Vert, Desséch., Reverd., Sèche)	<i>P V D S</i>	<i>P V D S</i>	<i>P V D S</i>
2.20	Espèces annuelles / dessèchement (%)			
2.21	Espèces pérennes principales	<i>51-62</i>	<i>51-62</i>	<i>51-62</i>
2.22	Espèces pérennes / état de verdure (Vert, Desséch., Reverd., Sèche)	<i>V D R S</i>	<i>V D R S</i>	<i>V D R S</i>
2.23	Espèces pérennes / couverture (%)			
2.24	Dessèchement (%)			
2.25	Reverdissement (%)			
3.	Situation acridienne			
3.1	Présence (P) ou absence (RAS)	<i>P RAS</i>	<i>P RAS</i>	<i>P RAS</i>
3.2	Nombre d'hectares infestés	<i>50</i>	<i>30</i>	
4.	Stade larvaire			
4.1	Stade de développement (E-1-2-3-4-5-6-Mi)	<i>E 1 2 3 4 5 6 Mi</i>	<i>E 1 2 3 4 5 6 Mi</i>	<i>E 1 2 3 4 5 6 Mi</i>
4.2	Stade dominant (%)			
4.3	Phase (Solitaire, Transiens, T/dissocians, T/congrégans, Grégaire)	<i>S T Td Tc G</i>	<i>S T Td Tc G</i>	<i>S T Td Tc G</i>
4.4	Etat (Isolées, Dispersées, Regroupées)	<i>I D R</i>	<i>I D R</i>	<i>I D R</i>
4.5	Min/Max nombre d'individus (par touffe, m², site)			
4.6	Couleur (Vert, Brun, Brun pigmenté, Jaune pigmenté, Noir)	<i>V B Bp Jp N</i>	<i>V B Bp Jp N</i>	<i>V B Bp Jp N</i>
5.	Bandes larvales			
5.1	Stade de développement (E-1-2-3-4-5-Mi)	<i>E 1 2 3 4 5 6 Mi</i>	<i>E 1 2 3 4 5 6 Mi</i>	<i>E 1 2 3 4 5 6 Mi</i>
5.2	Stade dominant (%)			
5.3	Densité minimale/maximale et moyenne (par m²)			
5.4	Dimension minimale/maximale et moyenne de la bande (en m², ha)			
5.5	Nombre de bandes			
5.6	Distance moyenne interbandes			
5.7	Couleur (Noire, Jaune pigmentée, Verte)	<i>N Jp V</i>	<i>N Jp V</i>	<i>N Jp V</i>
5.8	Activité (en marche, en train de muer, de se nourrir, d'éclore, perché)	<i>Mr m n e p</i>	<i>Mr m n e p</i>	<i>Mr m n e p</i>
6.	Stade adulte			
6.1	Maturité (Jeune Ailé, Immature, Mature)	<i>JA I M</i>	<i>JA I M</i>	<i>JA I M</i>
6.2	Couleur (Gris, Brun, Ailes Jaunes, Rose, Jaune)	<i>GB AJ R J</i>	<i>GB AJ R J</i>	<i>GB AJ R J</i>
6.3	Etat (Isolés, Dispersés, Regroupés)	<i>I D R</i>	<i>I D R</i>	<i>I D R</i>
6.4	Phase (Solitaire, Transiens, T/dissocians, T/congrégans, Grégaire)	<i>S T Td Tc G</i>	<i>S T Td Tc G</i>	<i>S T Td Tc G</i>
6.5	Reproduction (Accouplement, en Ponte)	<i>Ac Pt</i>	<i>Ac Pt</i>	<i>Ac Pt</i>
6.6	Nombre d'individus (par site ou transect)		<i>5/24</i>	
6.7	Transect (longueur x largeur)			
6.8	Densité/ha	<i>400-525</i>	<i>400-225</i>	
7.	Essaims			
7.1	Maturité (Jeune Ailé, Immature, Mature)	<i>JA I M</i>	<i>JA I M</i>	<i>JA I M</i>

Fiche de prospection FAO, 2006.

FORMULAIRE FAO DE PROSPECTION (CRIQUET PELERIN)

à compléter et adresser au Siège de la FAO par fax (+39-06-57055271) ou courrier électronique (eclo@fao.org)

page ____ of ____

(tracer un cercle autour de l'information appropriée)

1	POINT d'OBSERVATION	1	2	3	4	5	6
1-1	date	13/11/2002	13/11/2002	13/11/2002			
1-2	localité	Vallee Ti Lemhi In - Tarnher	Parassane				
1-3	latitude (N)	19° 25 31' N	19° 19 52' N	19° 19 23' N			
1-4	longitude (O or E)	0° 30 32' E	0° 20 90' E	0° 14 59' E			
2	ECOLOGIE						
2-1	superficie de prospection (ha)	350	140	1500			
2-2	habitat (wadi, plaines, dunes, cultures)	Vallee	Cuvettes	plaines			
2-3	date de la dernière pluie	2 mois environ		18/10/2002			
2-4	quantité de pluie (mm, Faible, Modérée, Importante, ?)	F M I ?	F M I ?	F M I ?	F M I ?	F M I ?	F M I ?
2-5	végétation (sèche, en pousse, verte, dessèchement)	Sarthechment	Sarthechment	Tache verte			
2-6	densité de végétation (Faible, Moyenne, Dense)	F M D	F M D	F M D	F M D	F M D	F M D
2-7	humidité du sol (humide, sec)	H S	H S	H S	H S	H S	H S
3	CRICQUET						
3-1	présence ou absence	P A	P A	P A	P A	P A	P A
3-2	superficie infestée (ha)						
4	LARVE						
4-1	stade larvaire ou jeune ailé (E123456J)	E123456J	E123456J	E123456J	E123456J	E123456J	E123456J
4-2	apparence (solitaire, transiens, grégaire)	S T G	S T G	S T G	S T G	S T G	S T G
4-3	comportement (isolées, dispersées, groupes)	I D G	I D G	I D G	I D G	I D G	I D G
4-4	densité larvaires (/site, /m2, Faible, Moyenne, Dense)			1000 à 5000			
5	BANDE						
5-1	stade de la bande (E12345J)	E12345J	E12345J	E12345J	E12345J	E12345J	E12345J
5-2	densité de la bande (/m2 or Faible, Moyenne, Dense)						
5-3	dimension de la bande (m2 ou ha)						
5-4	nombre de bandes						
6	ADULTE						
6-1	maturité (immature, mature)	I M	I M	I M	I M	I M	I M
6-2	apparence (solitaire, transiens, grégaire)	S T G	S T G	S T G	S T G	S T G	S T G
6-3	comportement (isolés, dispersés, groupes)	I D G	I D G	I D G	I D G	I D G	I D G
6-4	densité d'adultes (/transect, /ha, Faible, Moyenne, Dense)						
6-5	reproduction (accouplement, ponte)	A P	A P	A P	A P	A P	A P
7	ESSAIM						
7-1	maturité (immature, mature)	I M	I M	I M	I M	I M	I M
7-2	densité de l'essaim (/m2 ou Faible, Moyenne, Dense)						
7-3	dimension de l'essaim (km2 ou ha)						
7-4	nombre d'essaims						
7-5	reproduction (accouplement, ponte)	A P	A P	A P	A P	A P	A P
7-6	en vol (direction, durée du passage)						
7-7	hauteur de vol (Bas, Moyenne, Haut)	B M H	B M H	B M H	B M H	B M H	B M H
8	LUTTE						
8-1	nom du pesticide & formulation						
8-2	volume d'application (l/ha ou kg/ha)						
8-3	quantité (l)						
8-4	surface traitée (ha)						
8-5	terrestre ou aérien	T A	T A	T A	T A	T A	T A
8-6	% estimé de mortalité						
9	COMMENTAIRES	Annuelles à dominance <i>Fragaria</i> , <i>Tribulus ochroleucus</i> , <i>Boerhaavia</i> <i>Fanetia</i> verte par plage à l'arrêt 3 ou l'humidité est à main 4cm stop stade majoritaire dominant L3 stop présence troupeau chameaux.					

Un GPS était utilisé afin de déterminer la position? oui non

pays : _____

Prospecteur : _____

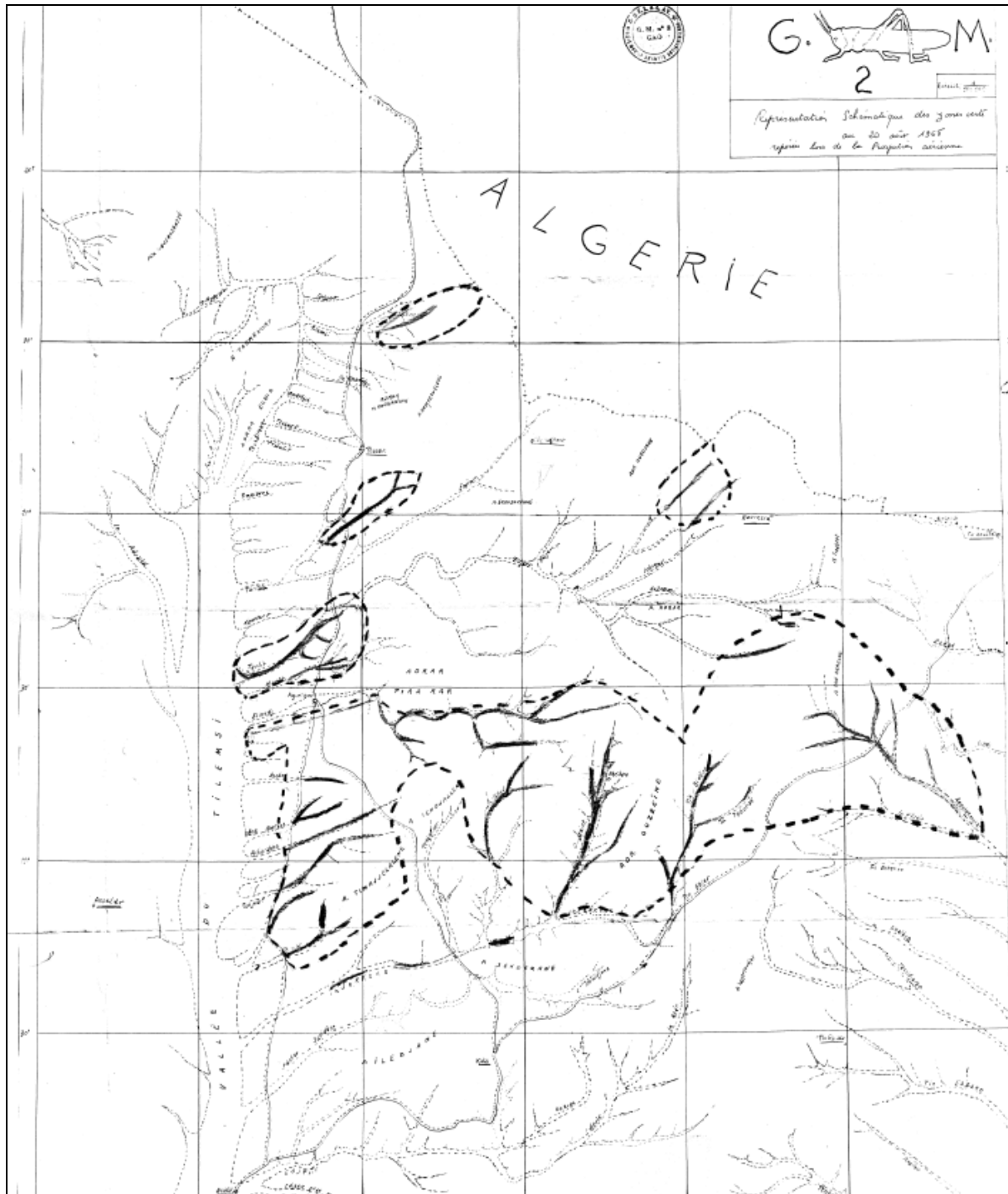
date : _____

autorisé par : _____

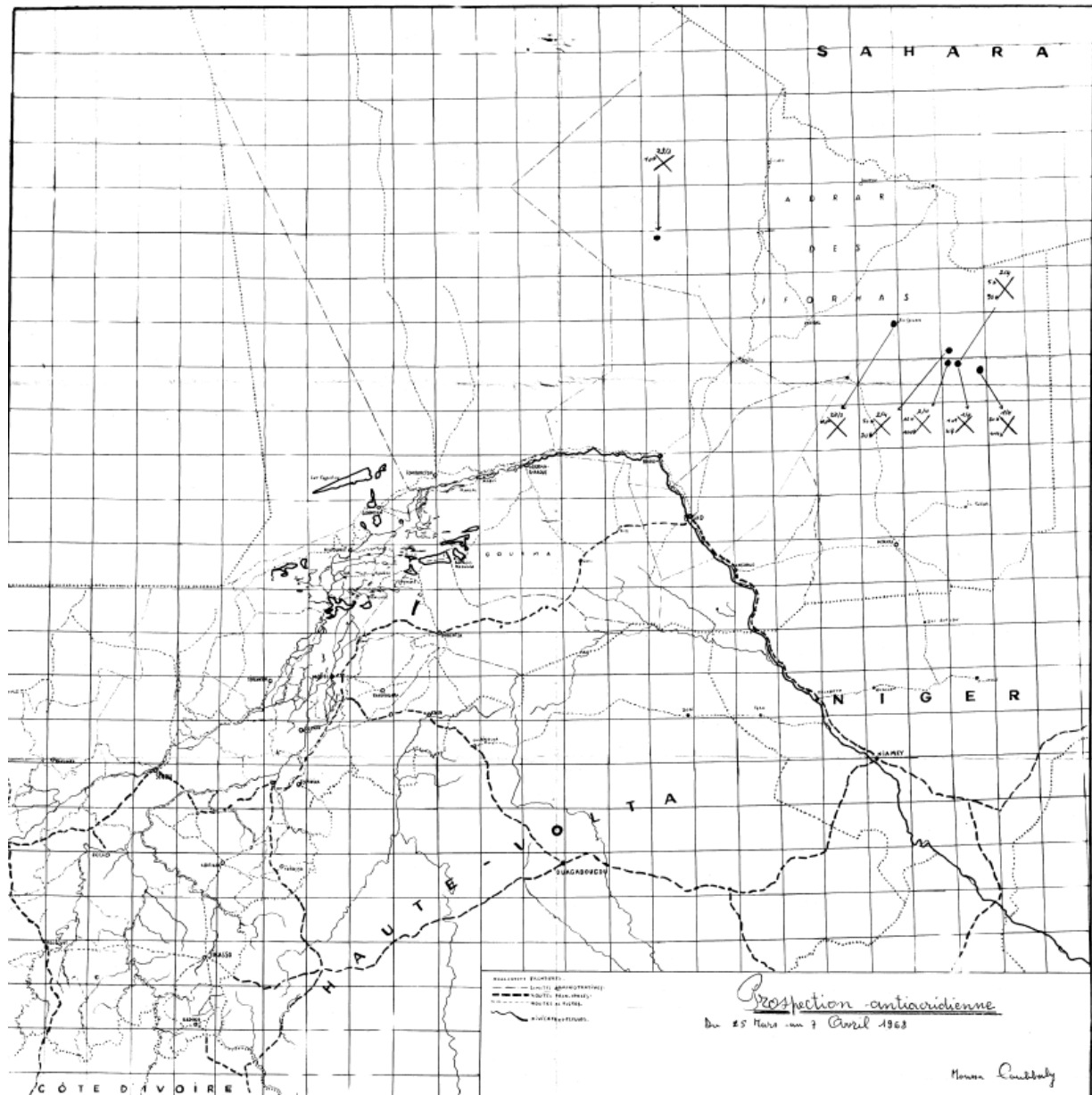
date : _____

Fiche de prospection FAO, 2002.

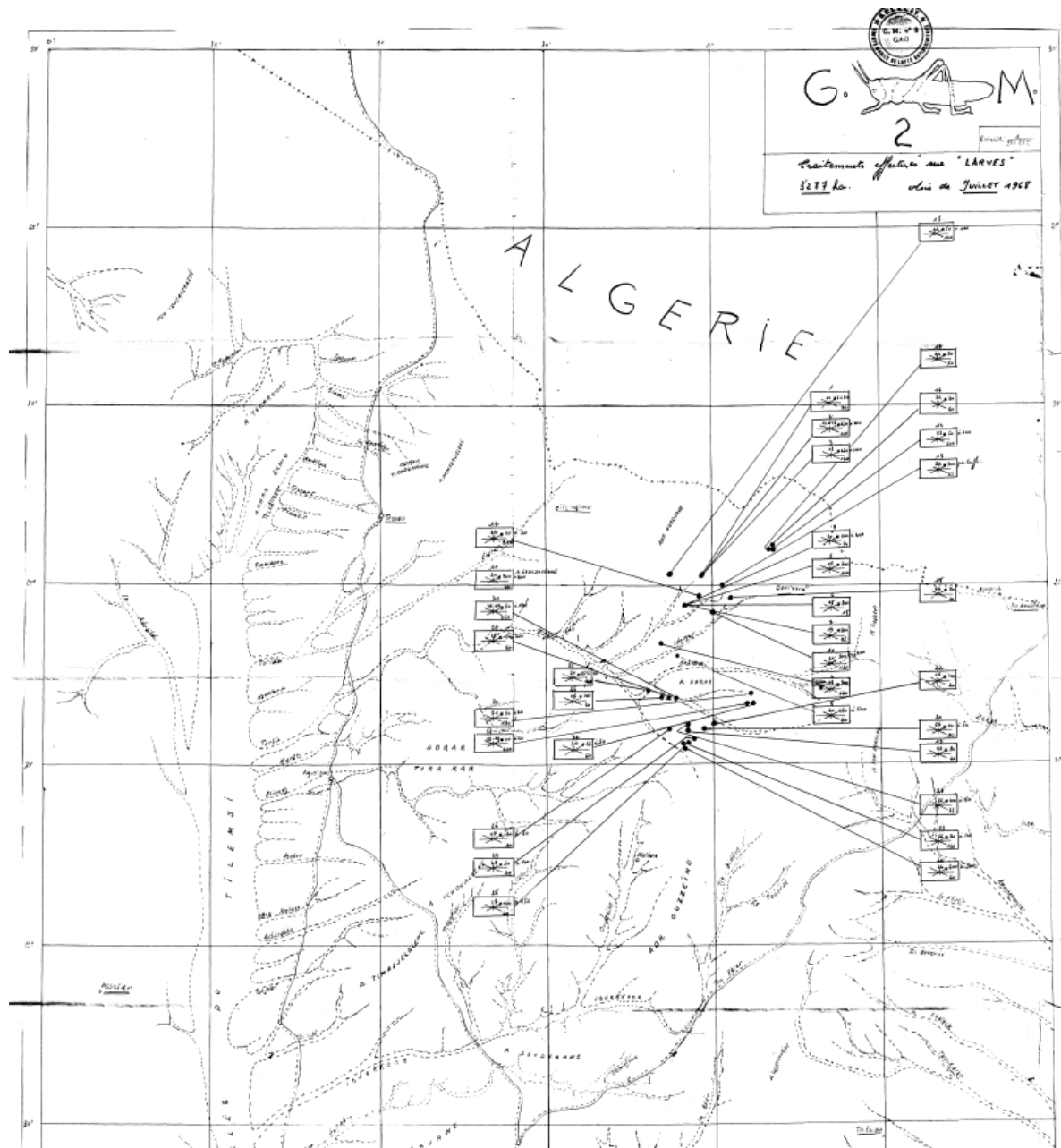
ANNEXE III : CARTES DES ZONES DE TRAITEMENT PAR L'OCLALAV



Carte OCLALAV des zones vertes au 20 août 1965.

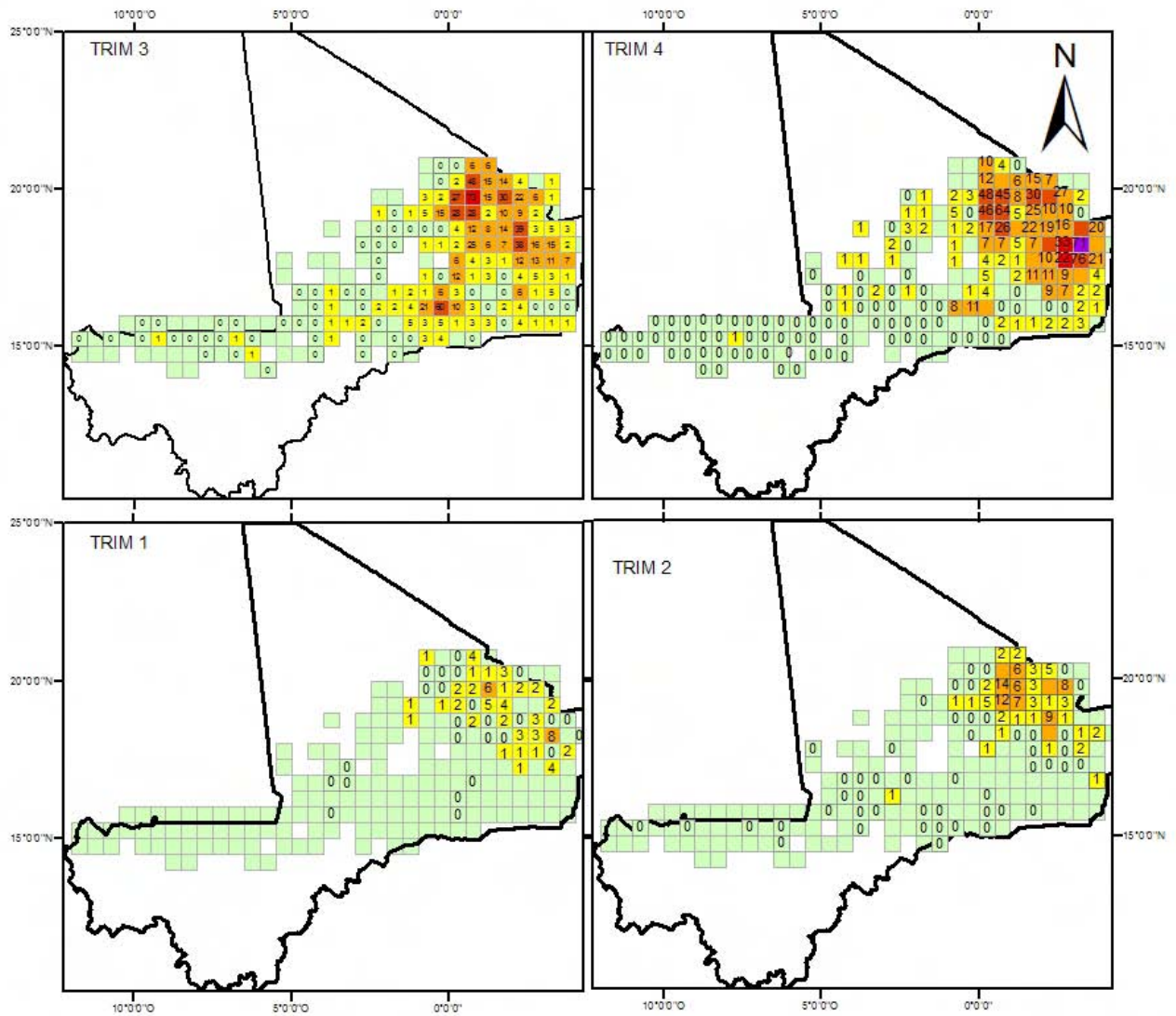


Carte OCLALAV des zones de prospection, du 28 mars au 8 avril 1968.

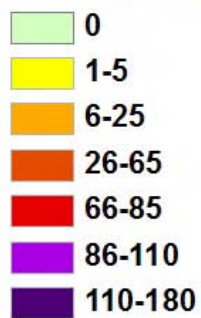


Carte des traitements effectués sur les larves en janvier 1968

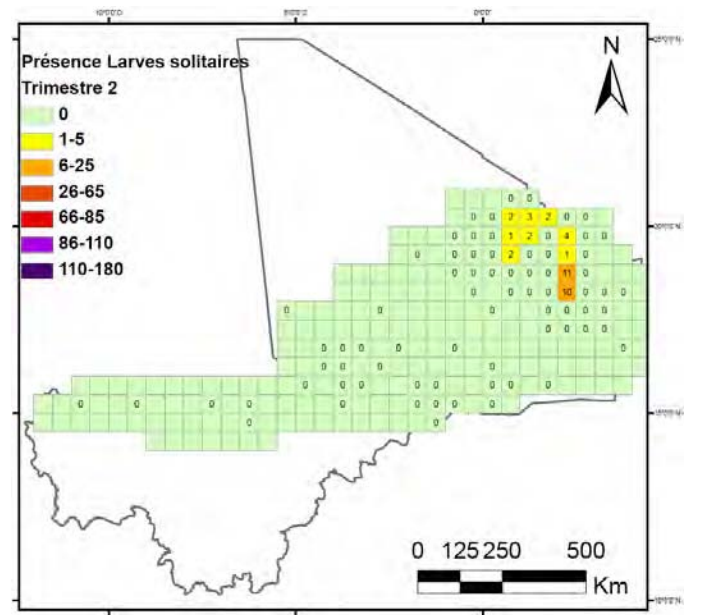
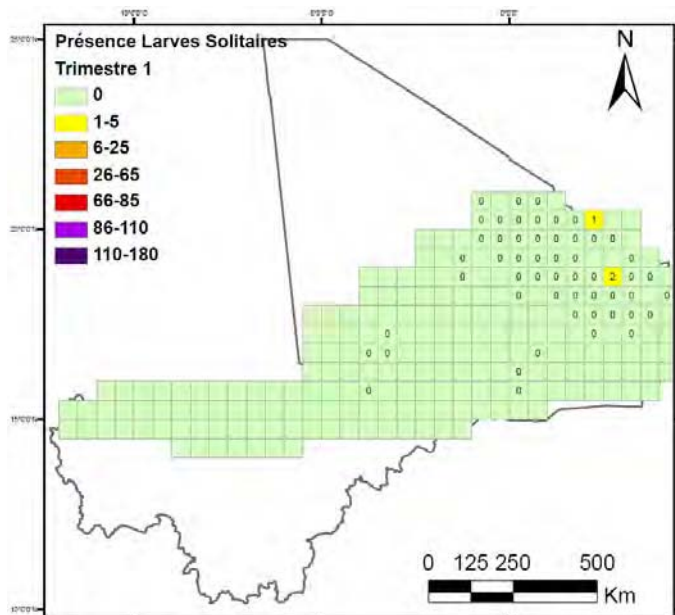
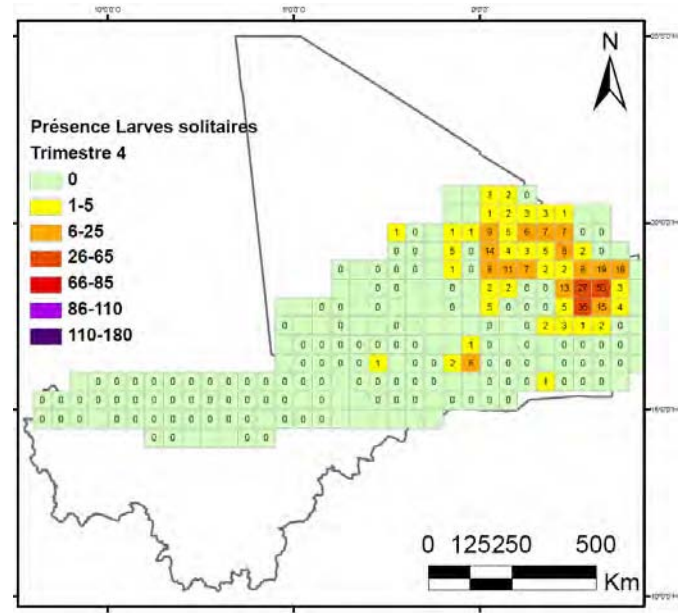
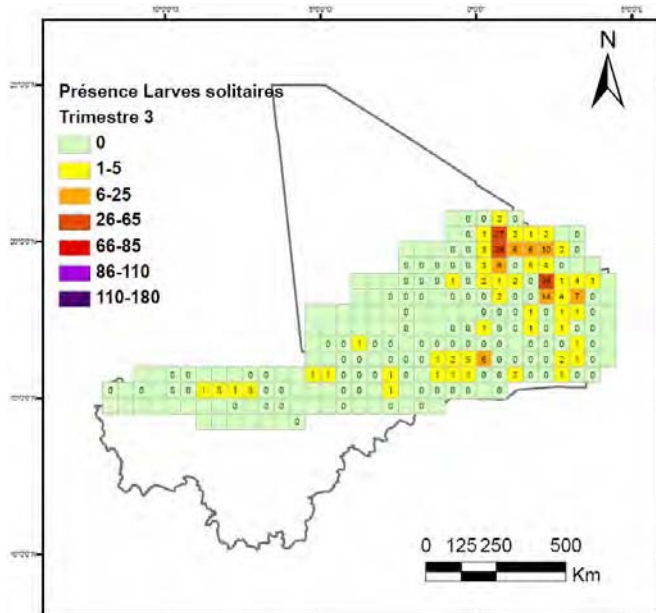
ANNEXE IV : OCCURRENCE TRIMESTRIELLE DES SOLITAIRES



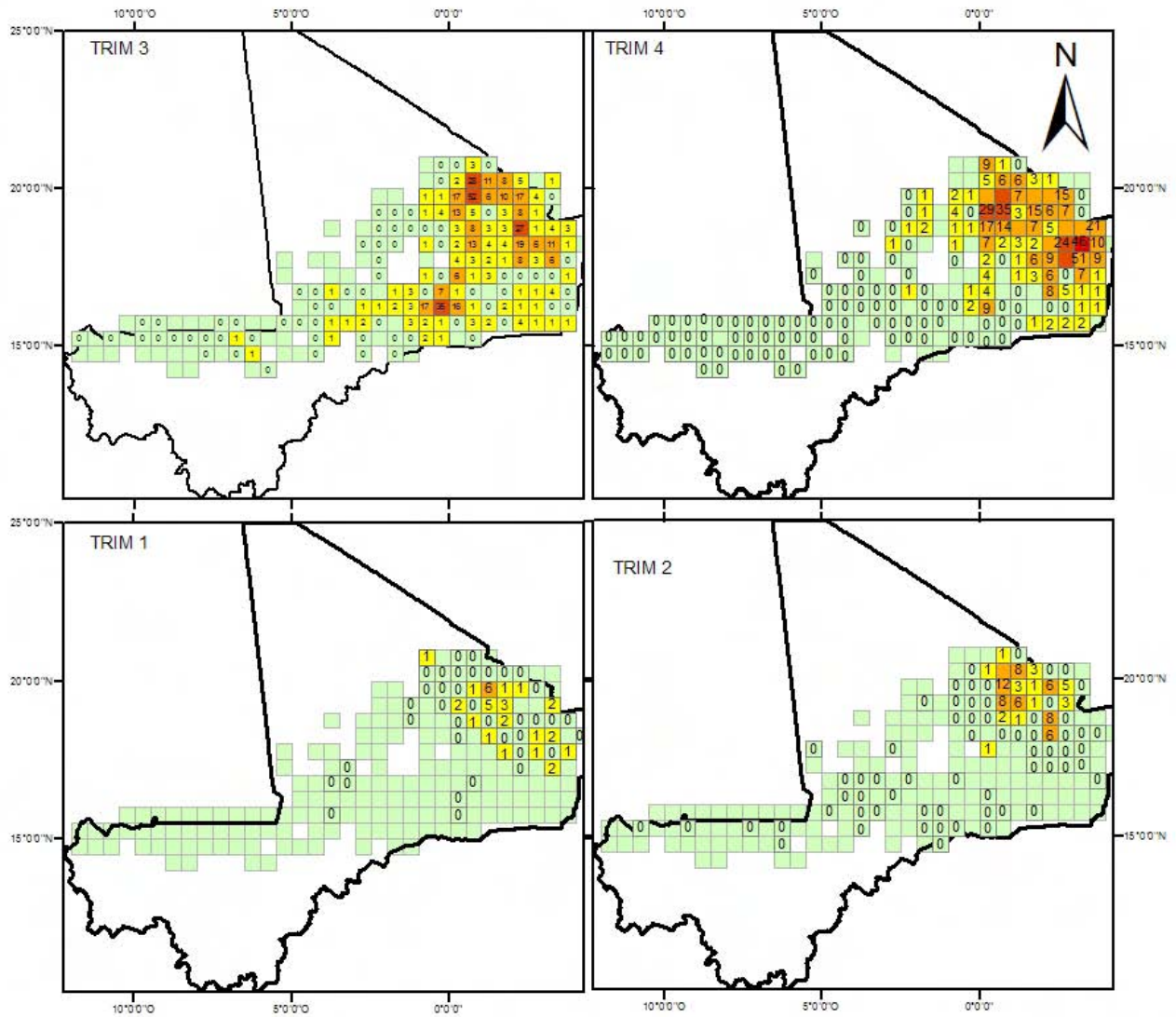
Occurrence des solitaires par Trimestre



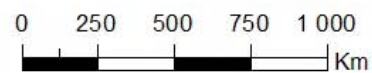
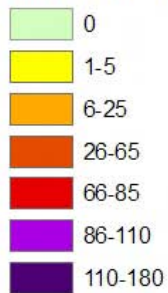
ANNEXE V : OCCURRENCE TRIMESTRIELLE DES LARVES SOLITAIRES



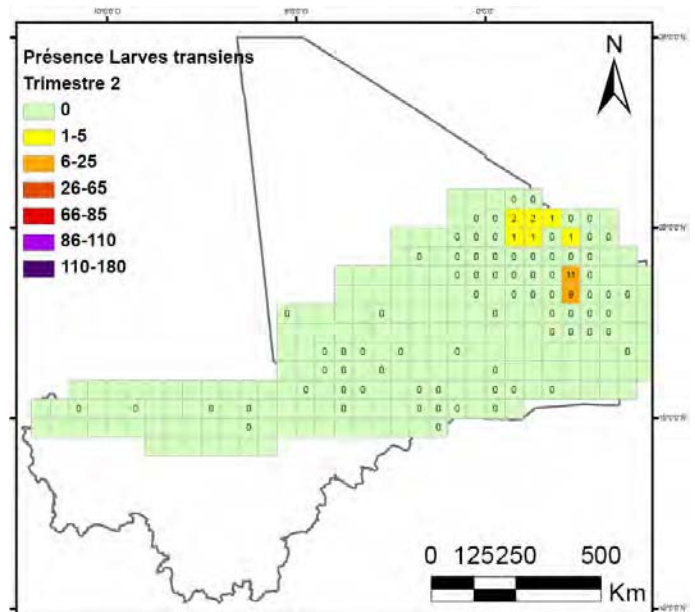
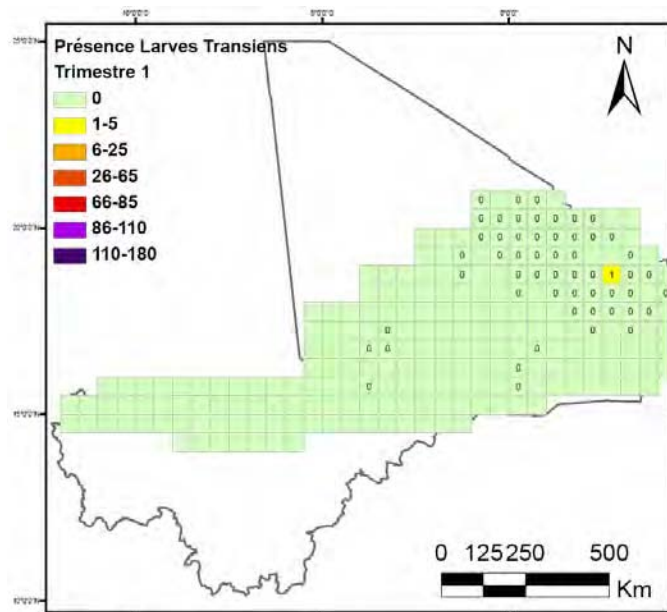
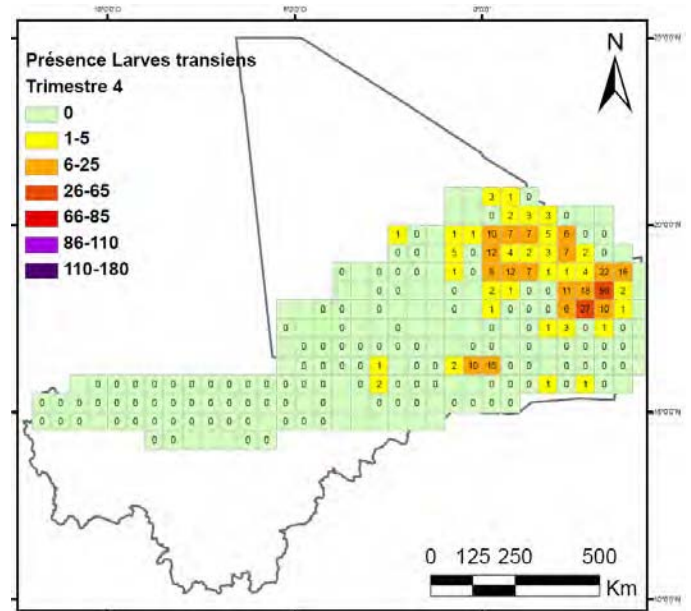
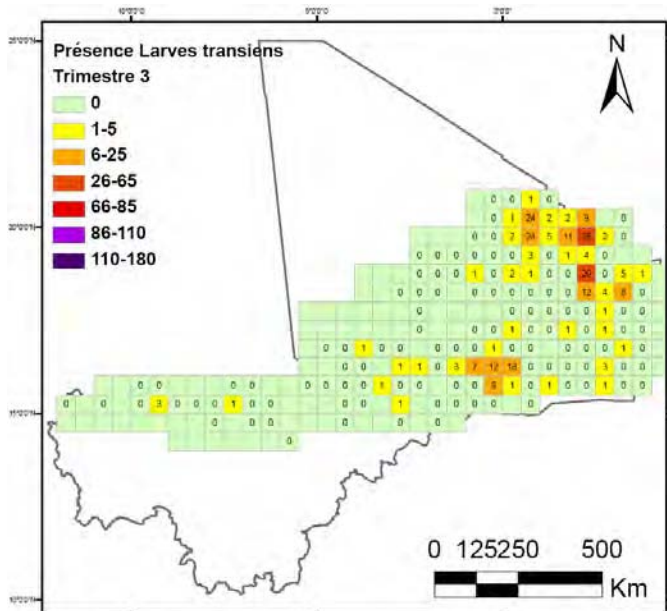
ANNEXE VI : OCCURRENCE TRIMESTRIELLE DES TRANSIENS



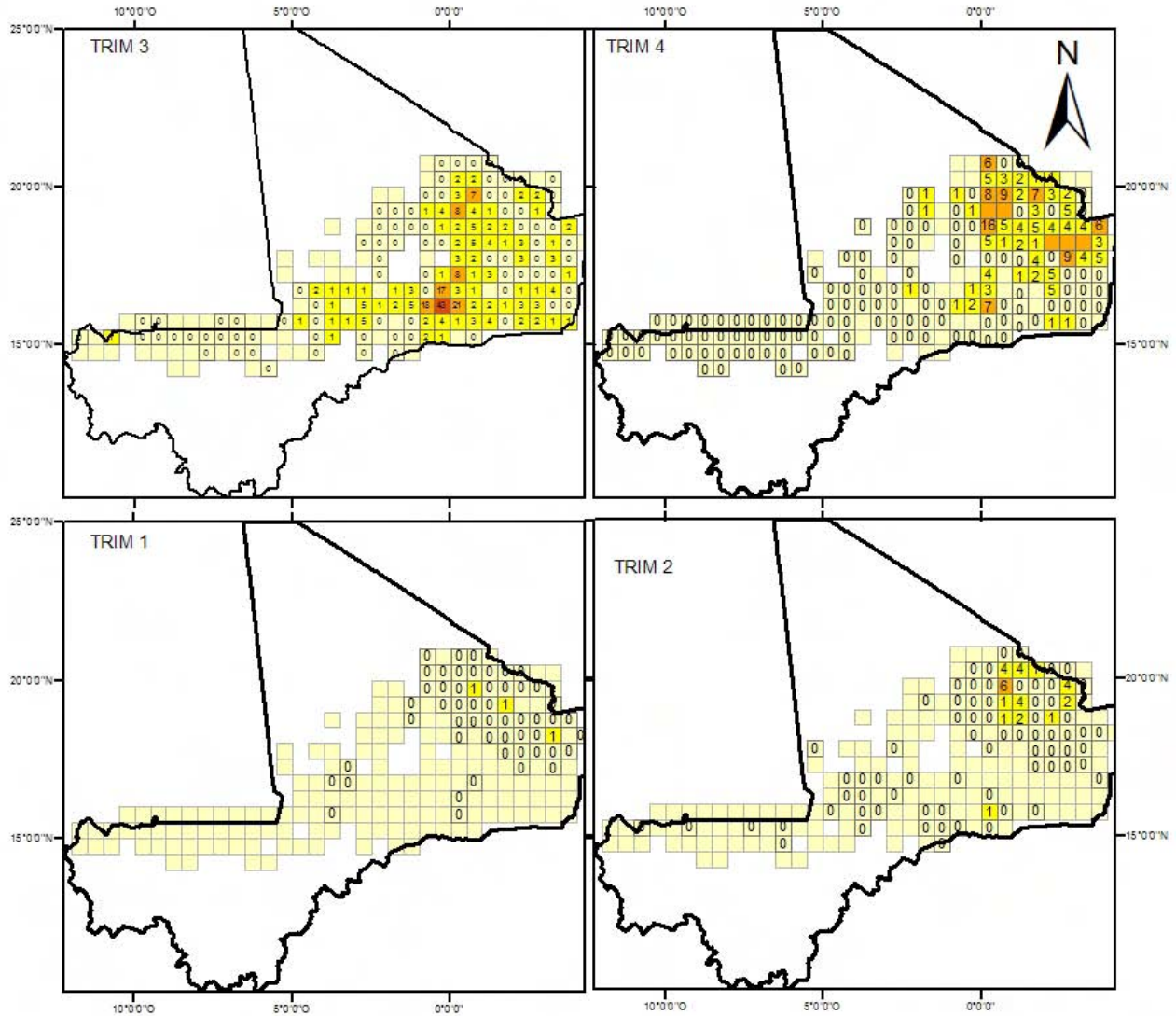
Occurrence Ailés Transiens par Trimestre



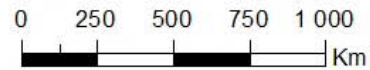
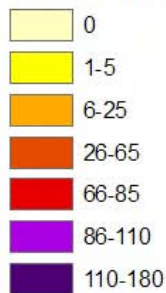
ANNEXE VII : OCCURRENCE TRIMESTRIELLE DES LARVES *TRANSIENS*



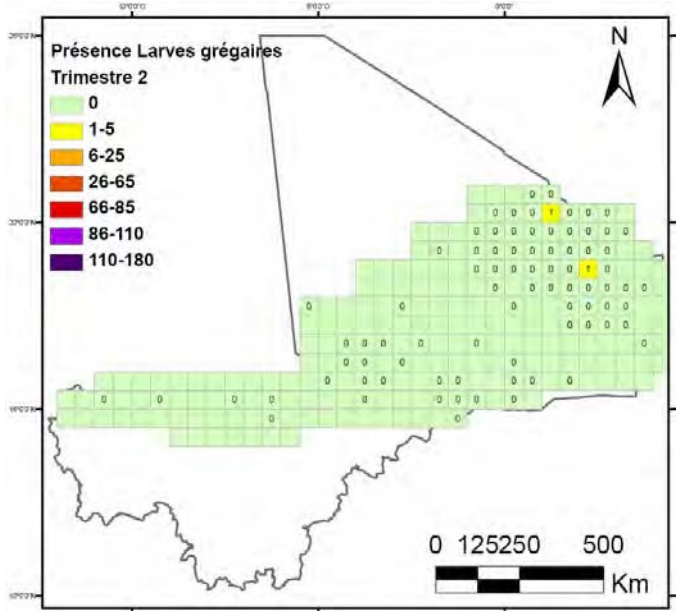
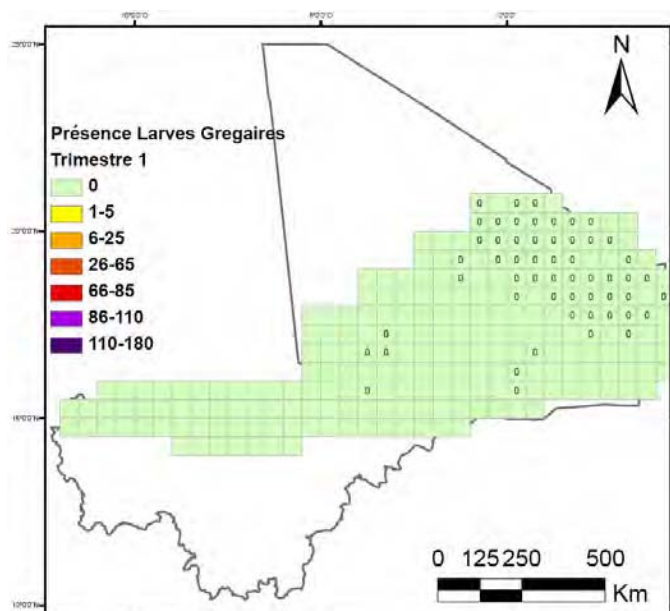
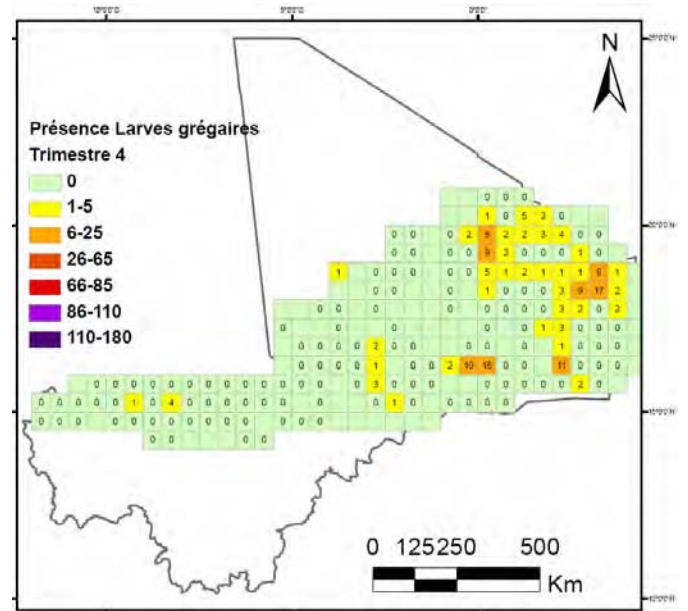
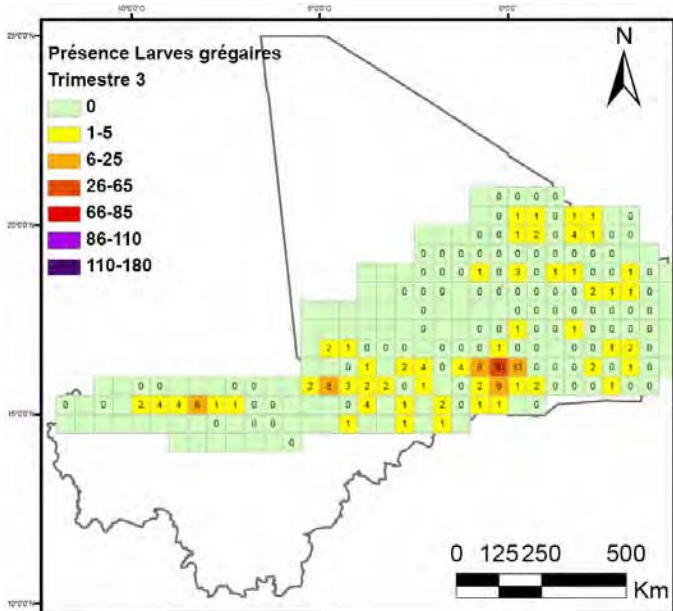
ANNEXE VIII : OCCURRENCE TRIMESTRIELLE DES GRÉGAIRES



Occurrence Ailés Grégaires par Trimestre **Présence Ailés Grégaires**



ANNEXE IX : OCCURRENCE TRIMESTRIELLE DES LARVES GRÉGAIRES



ANNEXE X : SITUATION ACRIDIENNE TRIMESTRIELLE AU MALI DE 1965 À 2008

Année	Trimestre	Situation
1965	T4	Rémission
1966	T1	Rémission
1967	T3	Rémission
1967	T4	Recrudescence
1968	T1	Recrudescence
1968	T2	Recrudescence
1968	T3	Invasion
1968	T4	Invasion
1969	T1	Rémission
1969	T2	Rémission
1969	T3	Invasion
1969	T4	Invasion
1970	T1	Invasion
1970	T2	Invasion
1970	T3	Invasion
1970	T4	Déclin
1971	T1	Déclin
1971	T2	Rémission
1971	T3	Rémission
1971	T4	Rémission
1972	T1	Rémission
1972	T2	Rémission
1972	T3	Rémission
1972	T4	Rémission
1973	T3	Rémission
1973	T4	Rémission
1974	T1	Rémission
1974	T3	Rémission
1974	T4	Recrudescence
1975	T2	Rémission
1975	T3	Rémission
1975	T4	Rémission
1976	T1	Recrudescence
1976	T2	Recrudescence
1976	T3	Recrudescence
1976	T4	Recrudescence
1977	T1	Rémission
1977	T2	Rémission
1977	T3	Rémission
1977	T4	Recrudescence
1978	T2	Recrudescence
1978	T4	Recrudescence
1979	T3	Rémission
1979	T4	Rémission
1981	T3	Recrudescence
1982	T4	Recrudescence
1983	T3	Rémission
1983	T4	Rémission
1984	T3	Rémission
1984	T4	Invasion
1985	T3	Invasion
1985	T4	Invasion
1987	T4	Invasion
1988	T1	Invasion
1988	T2	Invasion
1988	T3	Invasion
1988	T4	Invasion
1989	T1	Déclin
1989	T2	Déclin
1989	T3	Déclin

Année	Trimestre	Situation
1989	T4	Déclin
1990	T3	Rémission
1990	T4	Rémission
1991	T3	Rémission
1991	T4	Rémission
1992	T2	Rémission
1992	T3	Recrudescence
1992	T4	Recrudescence
1993	T3	Invasion
1993	T4	Invasion
1994	T1	Invasion
1994	T2	Invasion
1994	T3	Invasion
1994	T4	Invasion
1995	T1	Invasion
1995	T2	Invasion
1995	T3	Invasion
1995	T4	Invasion
1996	T1	Déclin
1996	T2	Déclin
1996	T3	Déclin
1996	T4	Déclin
1997	T1	Rémission
1997	T2	Rémission
1997	T3	Rémission
1997	T4	Rémission
1998	T1	Rémission
1998	T3	Rémission
1998	T4	Rémission
1999	T1	Rémission
1999	T2	Rémission
1999	T3	Rémission
1999	T4	Rémission
2000	T1	Rémission
2002	T1	Rémission
2002	T2	Rémission
2002	T3	Rémission
2002	T4	Rémission
2003	T3	Recrudescence
2003	T4	Invasion
2004	T1	Invasion
2004	T2	Invasion
2004	T3	Invasion
2004	T4	Invasion
2005	T1	Déclin
2005	T2	Déclin
2005	T3	Déclin
2005	T4	Rémission
2006	T1	Rémission
2006	T2	Rémission
2006	T3	Rémission
2006	T4	Rémission
2007	T1	Rémission
2007	T2	Rémission
2007	T3	Rémission
2007	T4	Rémission
2008	T1	Rémission
2008	T2	Rémission
2008	T3	Rémission
2008	T4	Rémission

BIBLIOGRAPHIE

Abdallahi,O.M.S., Skaf,R., Castel,J.-M. & Ndiaye,A., 1979. - OCLALAV and its environment: a regional international organization for the control of migrant pests. **IN** : *Migrant pests*. - The Royal Society : Londres : 269-276.

Anonyme (CNLCP), 2006. - *Rapport Annuel PALUCP 2006*. - PALUCP : Bamako, Mali.

Anonyme (CSLP), 2006. - *CSLP deuxième génération 2009-2011: Annexe-I Cadre macroéconomique*. - Coll. : Cadre macroéconomique. - CLSP : Bamako, Mali.

Anonyme (Météorologie Mali), 2008. - *Caractérisation du terroir par culture et cycle cultural et stratégie opérationnelle du paysan : cas du Mali*. - : Bamako, Mali. - 107 p.

Anonyme (OCLALAV), 1970. - *Prospections conjointes Algérie-Mauritanie et Algérie-Mali.Sepembre/octobre 1970*. - Coll. : Rapport sur l'avancement des travaux. - FAO : Rome. - 16 p.

Anonyme (PALUCP), 2007. - *Rapport Annuel 2007*. - Coll. : Rapport Annuel. - CNLCP

Anonyme-COPR, 1982. - *The Locust and Grasshopper Manual*. - Centre for Overseas Pest Research : London. - 690 p

Babah Ebbe,M.A., 2003. - *Biogéographie du Criquet pèlerin en Mauritanie. Fonctionnement d'une aire grégarigène et conséquences sur l'organisation de la surveillance et de la lutte anti-acridienne*. - Coll. : Stations de recherche acridienne sur le terrain. Séries techniques. - FAO : Rome. - **AGP/DL/TS/31** - XII + 104 p.

Babah Ebbe,M.A., 2008. - *Biogéographie du Criquet pèlerin, Schistocerca gregaria Forskål, 1775 : identification, caractérisation et originalité d'un foyer grégarigène en Mauritanie centrale*. - Thèse de doctorat,Thèse de doctorat École Pratique des Hautes Études : Paris (soutenance : 07/11/2008). - XXII + 215 p. (doc. multigr.)

Ben Halima,T., Chara,B., Monard,A. & Lecoq,M., 2001. - *Évaluation financière des activités du programme EMPRES de lutte préventive contre le Criquet pèlerin en région occidentale pour la phase I de 4 ans*. - FAO : Rome. - 14 p.

Besnault,C., Roy,J. & Rossetti,C., 1962. - *Distribution des pontes et des pullulations larvaires de Schistocerca gregaria Forsk. signalées entre 1950 et 1961 en Afrique occidentale*. - Projet relatif au Criquet pèlerin. - Coll. : Prospection écologique : études en Afrique occidentale. - FAO : Rome. - **UNSF/DL/ES/1** - 86 p.

Ceccato,P., Cressman,K., Giannini,A. & Trzaska,S., 2007. - The Desert locust uspsurge in West Africa (2003-2005): information on Desert locust early warning system and the prospects for seasonal climate forecasting. - *International Journal of Pest Management* (Cardiff), **53**(1) : 7-13

Duranton,J.-F. & Launois,M., 1982. - *Mission exploratoire sur le Criquet pèlerin dans l'Adrar des Iforas, le Tamesna et l'Aïr, 21 juillet- 20 septembre 1980*. - Projet doc. multigr. - Coll. : Stations de recherche acridienne sur le terrain, séries techniques. - FAO : Rome. - III + 47 p.

Duranton, J.-F. & Lecoq, M., 1990. - *Le Criquet pèlerin au Sahel*. - Coll. : Acridologie opérationnelle, n° 6 - CILSS-DFPV / Ministère des Affaires Étrangères des Pays-Bas / CIRAD-GERDAT-Prifas : Niamey / La Haye / Montpellier. - 183 p

Duranton, J.-F., Lecoq, M. & Rachadi, T., 1995. - *Stratégies de lutte antiacridienne contre le Criquet pèlerin : concepts, contraintes, perspectives*. - CIRAD-GERDAT-PRIFAS : Montpellier. - 25 p.

Hielkema, J.U., 1977. - *Application of Landsat Data in Desert Locust Survey and Control - September 1977*. - Projet Desert Locust Satellite Application Project, Stage II. - FAO - AGP:LCC/77/11, AGD (RS) 5/77 - III + 28 p.

Lamissa, D., 2007. - *Situation de référence du PALUCP*. - : Bamako, Mali.

Launois-Luong, M.H., 1995. - *Organisation de la surveillance et de la lutte anti-acridienne au Sahel. Premier rapport trimestriel août-septembre-octobre 1995*. - Commission européenne / CIRAD-GERDAT-PRIFAS : Bruxelles / Montpellier. - 65 p.

Lecoq, M., 2005. - *Enseignements de la récente invasion du Criquet pèlerin en Afrique* - 7^e conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier, France, 26-27 octobre 2005. - AFPP-Association française de protection des plantes : Paris. - p. 114

Lecoq, M., 1999. - *Lutte contre le Criquet pèlerin. Stratégie commune et restructuration des organismes chargés de la lutte antiacridienne en région occidentale. Note de synthèse suite aux réunions tenues à la FAO Rome du 22 au 24 février et les 21 et 22 mai 1999*. - CIRAD-AMIS-PC-Prifas : Montpellier. - 4 p.

Lecoq, M., 1991. - *Le Criquet pèlerin : enseignements de la dernière invasion et perspectives offertes par la biomodélisation*. IN : Essaid, A. (Ed. Sc.). - *La lutte anti-acridienne. Colloque international sur les perspectives de la recherche biologique et chimique dans le cadre de la lutte anti-acridienne, Rabat (Maroc), 27 novembre-2 décembre 1989*. - Coll. Universités francophones. Actualité scientifique - John Libbey Eurotext : Paris : 71-98.

Lecoq, M., de Visscher, M.-N. & Balança, G., 1991. - *Essai d'utilisation de l'imagerie satellitaire LANDSAT, SPOT, METEOSAT et NOAA pour la surveillance du Criquet pèlerin au Tamesna nigérien. Rapport préliminaire à l'issue de la mission de terrain*. - Ministère de la Coopération et du Développement / CIRAD-PRIFAS : Paris / Montpellier. - 20 p.

Mallamaire, A., 1950. - *Observations biométriques concernant le Criquet pèlerin (Schistocerca gregaria Forsk.) en Afrique Occidentale Française* - Première conférence internationale des Africanistes de l'Ouest. - Vol. I, Librairie d'Amérique et d'Orient Adrien-Maisonneuve : Paris. - p. 252-258

Mallamaire, A. & Roy, J., 1954. - *La lutte contre le Criquet pèlerin (Schistocerca gregaria Forsk.) en Afrique Occidentale Française*. - *Études d'Outre-Mer* (Marseille), **37** : 535-543

Pasquier, R., 1972. - *Commentaires sur les résultats des campagnes algériennes de prospection (1966 à 1971) contre la sauterelle pèlerine*. - FAO : Rome. - 100-109 p.

Popov, G.B., 1969. - *Report on the 1969 mission to Mali*. - Anti-Locust Research Center, Londres - 23 p.

Popov, G.B., 1988. - *Report on the Second Visit to the Desert locust Breeding Grounds in the Adrar des Iforas Area in Northern Mali. January 17-25, 1988*. - USAID : Bamako. - 4 p.

Popov,G.B., 1997. - *Atlas des aires de reproduction du Criquet pèlerin / Atlas of Desert locust breeding habitats*. - FAO : Rome. - Deuxième édition + 147 + 148 p

Popov,G.B., 1982. - *Mission dans les aires de reproduction du Criquet pèlerin dans le nord du Mali, 11 octobre-14 novembre 1981*. - Coll. : Stations de recherche acridienne sur le terrain, séries techniques. - FAO : Rome. - 48-94 p.

Popov,G.B., Duranton,J.-F. & Gigault,J., 1991. - *Étude écologique des biotopes du Criquet pèlerin (Schistocerca gregaria Forskål, 1775) en Afrique Nord-occidentale. Mise en évidence et description des unités territoriales écologiquement homogènes*. - Vol. **18**, Coll. : Les Acridiens, n° 18 - CIRAD-PRIFAS : Montpellier. - 744 p

Skaf,R., 1978. - *Etude sur les cas de grégarisation du Criquet pèlerin en 1974 dans le sud-ouest mauritanien et au Tamesna malien*. - Coll. : Stations de recherche acridienne sur le terrain . Series Techniques. - FAO : Rome. - 46 p.

Voss,F. & Dreiser,U., 1994. - Localisation des habitats du Criquet pèlerin et autres ravageurs migrants par les techniques de télédétection. **IN** : Krall,S. & Wilps,H. (Ed. Sc.). - *News trends in Locust control*. - GTZ : 23-29.

Waloff,Z., 1976. - Some temporal characteristics of Desert locust plagues. - *Anti-Locust Memoir* (Londres), **13** : 1-36

Zolotarevsky,B.N. & De Lepiney,J., 1934. - Note préliminaire sur *Schistocerca gregaria* dans le Nord-Ouest du Soudan Français. - *Bull. Soc Hist. Nat. Nord.*, **XXV** : 61-70